

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**Análisis estructural en la caja compactadora del camión recolector de RSU  
para garantizar su funcionabilidad de carga utilizando PE 1000**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**Yefry Tuse Landacay**

**ASESOR**

**Dante Omar Panta Carranza**

**<https://orcid.org/0000-0002-4731-263X>**

**Chiclayo, 2025**

**Análisis estructural en la caja compactadora del camión recolector de RSU  
para garantizar su funcionabilidad de carga utilizando PE 1000**

**PRESENTADA POR**

**Yefry Tuse Landacay**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**APROBADA POR**

Alejandro Segundo Vera Lazaro

**PRESIDENTE**

Wilson Alejandro Jimenez Zuloeta

**SECRETARIO**

Dante Omar Panta Carranza

**VOCAL**

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a mi familia. A mi padre celestial en primer lugar porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar; a mis padres, quienes a lo largo de mi vida me han apoyado en todos mis proyectos empezando por mi educación. También dedico esta tesis a mí asesor que me oriento y me motivo para seguir adelante con la culminación de esta Tesis.

## **Agradecimientos**

Un agradecimiento especial a mis padres, quienes fueron valientes y se dedicaron a ayudarme a culminar mis estudios sobre todo para no desesperarme cuando todo parecía tan difícil e imposible; a los profesores e ingenieros que me formaron como persona, gracias a sus conocimientos hoy me siento feliz y satisfecho. También doy gracias a todos mis compañeros que juntos como equipo logramos cursar los más fácil y difícil de la carrera profesional.

# ANALISIS ESTRUCTURAL EN LA CAJA COMPACTADORA DEL CAMION RECOLECTOR DE RSU PARA GARANTIZAR SU FUNCIONABILIDAD DE CARGA UTILIZANDO PE1000

## INFORME DE ORIGINALIDAD

**15%**

INDICE DE SIMILITUD

**15%**

FUENTES DE INTERNET

**2%**

PUBLICACIONES

**5%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

**1**

**es.scribd.com**

Fuente de Internet

**4%**

**2**

**es.slideshare.net**

Fuente de Internet

**1%**

**3**

**dspace.ups.edu.ec**

Fuente de Internet

**1%**

**4**

**repositorio.uho.edu.cu**

Fuente de Internet

**1%**

**5**

**idoc.pub**

Fuente de Internet

**1%**

**6**

**es.wikipedia.org**

Fuente de Internet

**1%**

**7**

**core.ac.uk**

Fuente de Internet

**<1%**

**8**

**repositorio.uta.edu.ec**

Fuente de Internet

**<1%**

## ÍNDICE

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN .....                                                  | 11 |
| ABSTRACT.....                                                  | 12 |
| I. INTRODUCCION .....                                          | 13 |
| 1.1. Realidad problemática.....                                | 13 |
| 1.2. OBJETIVOS .....                                           | 15 |
| 1.2.1. Objetivos generales.....                                | 15 |
| 1.2.2. Objetivos específicos .....                             | 15 |
| II. MARCO TEORICO.....                                         | 15 |
| 2.1. ANTECEDENTES .....                                        | 15 |
| 2.2. BASES TEORICAS CIENTIFICAS.....                           | 17 |
| 2.2.1. Principales unidades del SI usados en el proyecto ..... | 17 |
| 2.2.2. Estática y mecánicas de solidos .....                   | 17 |
| 2.2.3. Camión compactador de Residuos urbanos .....            | 20 |
| 2.2.4. Caja compactadora .....                                 | 23 |
| 2.2.4.1. Acero F24 .....                                       | 23 |
| 2.2.5. Ficha técnica del compactador.....                      | 25 |
| 2.2.6. Componentes de compactadora de residuos solidos .....   | 26 |
| 2.2.7. Material de reforzamiento PE 1000 UHMW .....            | 27 |
| 2.2.7.1. Concepto fundamental del polietileno.....             | 27 |
| 2.2.7.2. Estructura química del polietileno .....              | 27 |
| 2.2.7.3. Propiedades de desplazamiento.....                    | 28 |
| 2.2.7.4. Características del polietileno .....                 | 28 |
| 2.2.8. Conceptos relacionados .....                            | 28 |
| 2.2.9. Método de elementos finitos.....                        | 28 |
| 2.2.10. Criterio de Falla de Von Mises. - .....                | 29 |
| 2.2.11. Software CES – EDUPACK. -.....                         | 29 |
| III. METODOLOGIA .....                                         | 29 |
| 3.1. Tipo y nivel de investigación .....                       | 29 |
| 3.1.1. Tipo .....                                              | 29 |
| 3.1.2. Nivel.....                                              | 29 |
| 3.2. Diseño de investigación .....                             | 30 |
| 3.3. Población y muestra .....                                 | 30 |
| 3.4. Criterios de selección .....                              | 30 |
| 3.5. Operación de variables .....                              | 30 |
| 3.6. Técnica e instrumentos de recolección de datos .....      | 32 |
| 3.7. Procedimientos.....                                       | 32 |

|          |                                                                                                                               |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.8.     | Plan de procesamiento y análisis de datos .....                                                                               | 32 |
| 3.9.     | Matriz de consistencia.....                                                                                                   | 32 |
| 3.10.    | Consideraciones éticas .....                                                                                                  | 35 |
| IV.      | RESULTADOS.....                                                                                                               | 35 |
| 4.1.     | Caracterizar la Fibra PE 1000 UHMW utilizando una matriz de ponderación .....                                                 | 35 |
| 4.1.1.   | Polietileno de alta densidad .....                                                                                            | 36 |
| 4.1.1.1. | Propiedades físicas.....                                                                                                      | 36 |
| 4.1.1.2. | Propiedades químicas .....                                                                                                    | 36 |
| 4.1.1.3. | Propiedades mecánicas .....                                                                                                   | 37 |
| 4.1.1.4. | Propiedades térmicas .....                                                                                                    | 37 |
| 4.1.1.5. | Propiedades eléctricas.....                                                                                                   | 38 |
| 4.1.2.   | Polietileno de alta densidad alta masa molecular .....                                                                        | 38 |
| 4.1.2.1. | Propiedades.....                                                                                                              | 38 |
| 4.1.3.   | Polietileno de ultra alta masa molecular .....                                                                                | 39 |
| 4.1.4.   | PE 1000 UHMW .....                                                                                                            | 39 |
| 4.1.4.1. | Propiedades Físicas.....                                                                                                      | 39 |
| 4.1.4.2. | Propiedades Mecánicas.....                                                                                                    | 39 |
| 4.1.4.3. | Propiedades Eléctricas .....                                                                                                  | 40 |
| 4.1.4.4. | Propiedades térmicas .....                                                                                                    | 40 |
| 4.1.4.5. | Propiedades Químicas.....                                                                                                     | 41 |
| 4.1.5.   | Polietileno entrecruzado .....                                                                                                | 41 |
| 4.1.5.1. | Propiedades del Polietileno entrecruzado.....                                                                                 | 41 |
| 4.1.6.   | Matriz de Ponderación.....                                                                                                    | 41 |
| 4.2.     | Calcular los esfuerzo, deformaciones y factor de seguridad de la caja compactadora debido a las sollicitaciones externas..... | 43 |
| 4.2.1.   | Parámetros de diseño .....                                                                                                    | 43 |
| 4.2.1.1. | Sistema hidráulico .....                                                                                                      | 45 |
| 4.2.2.   | Análisis estructural con el material original F24 = A36.....                                                                  | 45 |
| 4.2.2.1. | Plataforma inferior .....                                                                                                     | 45 |
| 4.2.2.2. | Plataforma superior.....                                                                                                      | 51 |
| 4.2.2.3. | Depósito de la caja de compactación .....                                                                                     | 55 |
| 4.2.2.4. | Plataforma inferior modificado .....                                                                                          | 59 |
| 4.2.2.5. | Plataforma superior modificado.....                                                                                           | 61 |
| 4.2.2.6. | Depósito de la caja de compactación modificado .....                                                                          | 63 |
| 4.3.     | Realizar la simulación estructural en la caja compactadora mediante el software SolidWorks .....                              | 66 |
| 4.3.1.   | Modelo 3D de las zonas a tratar.....                                                                                          | 66 |
| 4.3.2.   | Resultados del análisis estructural Hoja inferior F24 - A36.....                                                              | 68 |

|          |                                                                                 |     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.2.1. | Resultados de la simulación .....                                               | 69  |
| 4.3.3.   | Resultados del análisis estructural Hoja superior F24 - A36.....                | 72  |
| 4.3.3.1. | Resultados de la Simulation .....                                               | 73  |
| 4.3.4.   | Resultados del análisis estructural del depósito de compactación F24 - A36..... | 76  |
| 4.3.4.1. | Resultados de la simulación .....                                               | 77  |
| 4.3.5.   | Resumen de todos los resultados del material original.....                      | 80  |
| 4.3.6.   | Resultados de la plataforma inferior modificado con PE 1000 UHMW .....          | 81  |
| 4.3.6.1. | Análisis de elementos finitos en la plataforma inferior modificada .....        | 81  |
| 4.3.6.2. | Simulación de la plataforma inferior modificada .....                           | 82  |
| 4.3.6.3. | Comparación entre el material original y el material propuesto .....            | 85  |
| 4.3.7.   | Resultados de la plataforma superior modificado con PE 1000 UHMW .....          | 85  |
| 4.3.7.1. | Análisis de elementos finitos en la plataforma superior modificada .....        | 86  |
| 4.3.7.2. | Simulación de la plataforma superior modificada .....                           | 87  |
| 4.3.7.3. | Comparación entre el material original y el material propuesto .....            | 90  |
| 4.3.8.   | Resultados del depósito de compactación modificado con PE 1000 UHMW .....       | 91  |
| 4.3.8.1. | Análisis de elementos finitos en el depósito de compactación modificado .....   | 91  |
| 4.3.8.2. | Simulación del depósito de compactación modificada.....                         | 92  |
| 4.3.8.3. | Comparación entre el material original y el material propuesto .....            | 95  |
| 4.4.     | Elaborar los costos para el diseño de una caja compactadora.....                | 95  |
| 4.4.1.   | Proceso de manufacturación .....                                                | 95  |
| 4.4.2.   | Cortes y taladrado de los de los tubos estructurales y de las láminas. ....     | 96  |
| 4.4.3.   | Soldadura y uniones.....                                                        | 96  |
| 4.4.4.   | Materiales y equipos.....                                                       | 96  |
| V.       | DISCUSIONES.....                                                                | 97  |
| VI.      | CONCLUSIONES .....                                                              | 99  |
| VII.     | RECOMENDACIONES .....                                                           | 100 |
| VIII.    | BIBLIOGRAFIA .....                                                              | 101 |
| IX.      | ANEXOS:.....                                                                    | 104 |
|          | ANEXO 1: INFORMACION DE MATERIALES A UTILIZAR .....                             | 104 |
|          | ANEXO 2: INFORMACION PROPORCIONADA POR LA MUNICIPALIDAD DE CHICLAYO.....        | 106 |
|          | (CAJA COMPACTADORA).....                                                        | 106 |
|          | ANEXO 3: FORMULAS PARA CARGAS Y COEFICIENTE DE PANDEO .....                     | 110 |
|          | ANEXO 4: PLANOS.....                                                            | 112 |

## Lista de tablas

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 : Unidades de Medida.....                                                      | 17 |
| Tabla 2: propiedades del F24 [14].....                                                 | 23 |
| Tabla 3 : Principales Propiedades físicas de alta densidad [18].....                   | 36 |
| Tabla 4: principales Propiedades químicas del polietileno de alta densidad.....        | 37 |
| Tabla 5: propiedades Mecánicas PE de alta densidad.....                                | 37 |
| Tabla 6: principales propiedades térmicas del polietileno de alta densidad. [16] ..... | 38 |
| Tabla 7: principales propiedades eléctricas del polietileno de alta densidad. ....     | 38 |
| Tabla 8 : Principales propiedades físicas del UHMWPE [16].....                         | 39 |
| Tabla 9: Principales propiedades mecánicas del UHMWPE [18].....                        | 39 |
| Tabla 10: Resistencia a la abrasión UHMWPE [18].....                                   | 40 |
| Tabla 11: Modificación de la resistividad superficial con negro de humo [18] .....     | 40 |
| Tabla 12: Principales propiedades térmicas del UHMWPE [18].....                        | 40 |
| Tabla 13: Principales propiedades químicas del UHMWPE [19].....                        | 41 |
| Tabla 14: Propiedades del Polietileno entrecruzado .....                               | 41 |
| Tabla 15 : matriz de Ponderación .....                                                 | 43 |
| Tabla 16: Materiales que conforman el depósito de la tolva.....                        | 44 |
| Tabla 17: Materiales que conforman la caja del Tailgate .....                          | 45 |
| Tabla 18: sistema hidráulico del camión compactador .....                              | 45 |
| Tabla 19: inercia en la plataforma inferior .....                                      | 50 |
| Tabla 20: inercia en la plataforma superior .....                                      | 54 |
| Tabla 21: propiedades mecánicas del nuevo material para las laminas.....               | 59 |
| Tabla 22: Geometrías de la laminas para plataforma inferior .....                      | 59 |
| Tabla 23: Geometrías de la laminas para plataforma superior .....                      | 61 |
| Tabla 24: características del mallado de la hoja inferior.....                         | 69 |
| Tabla 25: características del mallado en la hoja superior.....                         | 72 |
| Tabla 26: características del mallado del depósito de compactación .....               | 76 |
| Tabla 27: Resultados finales a la caja compactadora de material original .....         | 80 |
| Tabla 28: característica del mallado a la plataforma inferior modificada .....         | 82 |
| Tabla 29: plataforma inferior – ASTM A36.....                                          | 85 |
| Tabla 30: plataforma inferior – PE1000UHMW .....                                       | 85 |
| Tabla 31: característica del mallado a la plataforma superior modificado .....         | 87 |
| Tabla 32: plataforma superior - material ASTM 36 .....                                 | 90 |
| Tabla 33: plataforma superior – PE1000UHMW .....                                       | 90 |
| Tabla 34: característica del mallado en el depósito compactación modificada .....      | 92 |
| Tabla 35: Deposito de compactación – ASTM A36 .....                                    | 95 |
| Tabla 36: Deposito de compactación – PE1000UHMW .....                                  | 95 |

## Lista de ilustraciones

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1 : Diagrama de cuerpo libre .....                                 | 18 |
| Ilustración 2 : momento de una fuerza [10].....                                | 18 |
| Ilustración 3: Carga interna en el plano tridimensional [12].....              | 19 |
| Ilustración 4: Fuerzas internas en un plano bidimensional .....                | 19 |
| Ilustración 5: carga lateral [9].....                                          | 20 |
| Ilustración 6: carga trasera [9].....                                          | 21 |
| Ilustración 7: carga frontal .....                                             | 21 |
| Ilustración 8: Proceso Completo de Operación de la Caja Compactadora [9] ..... | 22 |
| Ilustración 9: Partes de un camión compactador .....                           | 23 |
| Ilustración 10: fase 1 .....                                                   | 24 |
| Ilustración 11 : fase 2 .....                                                  | 24 |
| Ilustración 12: fase 3 .....                                                   | 24 |
| Ilustración 13: característica de un camión compactador [13].....              | 25 |
| Ilustración 14 : componentes de una caja compactadora .....                    | 26 |
| Ilustración 15 : Formula de la estructura del polietileno [15].....            | 27 |
| Ilustración 16: Parámetros lateral Posterior del diseño.....                   | 43 |
| Ilustración 17: Parámetro lateral del camión compactador .....                 | 44 |
| Ilustración 18: ficha técnica de la caja compactadora Econovo.....             | 44 |
| Ilustración 19: Posicionamiento de los cilindros .....                         | 45 |
| Ilustración 20: Plataforma inferior .....                                      | 46 |
| Ilustración 21: instante antes de arrastrar .....                              | 46 |
| Ilustración 22: instantes después de arrastrar.....                            | 46 |
| Ilustración 23: Diagrama de fuerzas en la plataforma inferior.....             | 47 |
| Ilustración 24: formulas de las reacciones y deformaciones .....               | 48 |
| Ilustración 25: sección transversal de la plataforma inferior .....            | 49 |
| Ilustración 26: Plataforma superior .....                                      | 51 |
| Ilustración 27: plataforma superior.....                                       | 52 |
| Ilustración 28: Diagrama de fuerzas en la hoja superior.....                   | 52 |
| Ilustración 29: fórmulas para cargas distribuidas en la hoja superior .....    | 53 |
| Ilustración 30: sección transversal de la plataforma superior .....            | 54 |
| Ilustración 31: planchas del depósito de la caja de compactación .....         | 55 |
| Ilustración 32: Puntos críticos para realizar los Análisis .....               | 56 |
| Ilustración 33: cargas críticas para el nuevo material .....                   | 64 |
| Ilustración 34: Partes que conforman el proceso de compactación.....           | 67 |
| Ilustración 35: caja del depósito de la compactación .....                     | 67 |
| Ilustración 36: conjunto modelo 3D .....                                       | 67 |
| Ilustración 37: Partes donde se aplica las cargas .....                        | 68 |
| Ilustración 38: Mallado completo a la hoja inferior.....                       | 68 |
| Ilustración 39: Tensiones de Von Mises.....                                    | 69 |
| Ilustración 40: zona donde hay mayor tensión .....                             | 70 |
| Ilustración 41: Resultados de desplazamiento .....                             | 70 |
| Ilustración 42: factor de seguridad en la hoja superior .....                  | 71 |
| Ilustración 43: zona donde hay menor factor de seguridad.....                  | 71 |

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 44: Deformaciones unitarias de la plataforma inferior.....                        | 71 |
| Ilustración 45: Análisis de elementos finitos.....                                            | 72 |
| Ilustración 46: Mallado completo de la hoja superior.....                                     | 72 |
| Ilustración 47: Tensiones de Von mises en la hoja superior.....                               | 73 |
| Ilustración 48: zona donde hay mayores tensiones.....                                         | 73 |
| Ilustración 49: Desplazamientos en la plataforma superior.....                                | 74 |
| Ilustración 50: Factor de seguridad en la hoja superior.....                                  | 74 |
| Ilustración 51: Zona de menor factor de seguridad en la hoja superior.....                    | 75 |
| Ilustración 52: Deformaciones unitarias de plataforma superior.....                           | 75 |
| Ilustración 53: Análisis de elementos finitos.....                                            | 76 |
| Ilustración 54: Mallado en las láminas del depósito de compactación.....                      | 76 |
| Ilustración 55: tensión de Von mises en la plancha posterior.....                             | 77 |
| Ilustración 56: Zona de mayor tensión en la plancha posterior.....                            | 77 |
| Ilustración 57: Desplazamientos de la caja de compactación.....                               | 78 |
| Ilustración 58: factor de seguridad en la caja de compactación.....                           | 78 |
| Ilustración 59: zona de menor factor de seguridad en las planchas.....                        | 79 |
| Ilustración 60: Deformaciones unitarias del depósito de compactación.....                     | 79 |
| Ilustración 61: Plataforma inferior con PE 1000 UHMW.....                                     | 81 |
| Ilustración 62: plataforma inferior modificada.....                                           | 81 |
| Ilustración 63: Mallado a la plataforma inferior modificado.....                              | 82 |
| Ilustración 64: Tensiones a la plataforma inferior modificado.....                            | 82 |
| Ilustración 65: zona de mayor tensión en la plataforma inferior modificado.....               | 83 |
| Ilustración 66: Desplazamientos en la plataforma inferior modificado.....                     | 83 |
| Ilustración 67: factor de seguridad en la plataforma inferior modificado.....                 | 83 |
| Ilustración 68: Zona de menor factor de seguridad en la plataforma inferior modificado.....   | 84 |
| Ilustración 69: Deformaciones unitaria de la plataforma inferior modificada.....              | 84 |
| Ilustración 70: Plataforma superior con PE 1000 UHMW.....                                     | 86 |
| Ilustración 71: Plataforma superior con material modificado.....                              | 86 |
| Ilustración 72: Mallado a la plataforma superior modificado.....                              | 86 |
| Ilustración 73: Tensiones a la plataforma superior modificado.....                            | 87 |
| Ilustración 74: zona de mayor tensión en la plataforma superior modificado.....               | 88 |
| Ilustración 75: Desplazamientos en la plataforma superior modificado.....                     | 88 |
| Ilustración 76: factor de seguridad en la plataforma superior modificado.....                 | 89 |
| Ilustración 77: Zona de menor factor de seguridad en la plataforma superior modificado.....   | 89 |
| Ilustración 78: Deformación unitaria de la plataforma superior modifica.....                  | 90 |
| Ilustración 79: laminas A36 Y PE 1000 de la caja de compactación.....                         | 91 |
| Ilustración 80: Análisis en el depósito de compactación modificado.....                       | 91 |
| Ilustración 81: Mallado en el depósito de compactación modificado.....                        | 92 |
| Ilustración 82: Tensiones en las láminas del depósito de compactación modificado.....         | 92 |
| Ilustración 83: zona de mayor tensión en el depósito de compactación modificado.....          | 93 |
| Ilustración 84: Desplazamiento en el depósito de compactación modificado.....                 | 93 |
| Ilustración 85: Factor de seguridad en el depósito de compactación modificado.....            | 94 |
| Ilustración 86: zona de menor factor seguridad en el depósito de compactación modificado..... | 94 |
| Ilustración 87: Deformación unitaria de depósito de compactación modificado.....              | 94 |

## RESUMEN

Durante mucho tiempo las cajas compactadoras de camiones RSU han sido comúnmente fabricados con aceros al carbono, por lo que son propensos a sufrir deterioros prematuros a causa de la corrosión, oxidación, peso excesivo y la alta adherencia a la estructura; sin embargo, debido a los extenuantes tiempos de mantenimiento se optó en utilizar materiales compuestos que ofrecen una mayor resistencia a estos problemas.

En este proyecto se empezó identificando el problema en si para luego elegir el material más apropiado de acuerdo a las necesidades que se presentaba, buscando mejorarlo estructuralmente; por eso se eligió el PE 1000 por la grandes propiedades física y mecánica que ofrecía y sobre todo la ventaja de mayor relevancia era su bajo peso. Después de saber las características generales del equipo se procedió a realizar los cálculos teóricos de cada una de las partes de la caja compactadora para luego validarla y analizarla con el simulador

De esta manera se procedió con siguiente estudio que tiene como objetivo realizar un análisis estructural en una caja compactadora para un camión recolector de residuos sólidos urbanos con capacidad de 17 M<sup>3</sup> utilizando materiales compuestos como la fibra de PE 1000 UHMW Superlining que al ser revestida en la estructura ofrece una mayor resistencia al desgaste; simulándolo con el software SolidWorks a fin de evaluar los esfuerzos y deformaciones

Se hizo cuadros comparativos con cada uno de las partes de la caja compactadora tanto material original con respecto al material propuesto en la estructura (reforzamiento) empezando por la plataforma inferior que es la parte que más trabaja, luego continuando con la plataforma superior y finalmente con el depósito de almacenamiento.

Al pasar para por cada uno de estos procedimientos se encontró los siguientes resultados: plataforma inferior propuesta tenía un factor de seguridad de 2.7 con respecto al material original que era de 2.4 como mínimo y un desplazamiento de 0.71mm con respecto a 0.775mm, en el caso de la plataforma superior sucedió casi lo mismo. Pero donde más se vio una gran diferencia fue en el depósito de almacenamiento (material propuesto) del camión que tuvo un factor de seguridad de 2.3 y un desplazamiento de 0.473mm con respecto al original que fue de 1.75 y de 7.07mm respectivamente.

Como se puede ver en los resultados obtenido el material compuesto como reforzamiento ofrece una gran mejoría a la estructura desde el punto de vista mecánica como también económico ya que por las cantidades requeridas no es tan caro.

**Palabras claves:** corrosión, residuos urbanos, caja compactadora, materiales compuestos

## ABSTRACT

Pendant longtemps, les carrosseries de compactage des camions de déchets solides municipaux ont été généralement fabriquées avec des aciers au carbone, elles sont donc sujettes à une détérioration prématurée due à la corrosion, à l'oxydation, au poids excessif et à une forte adhérence à la structure ; Cependant, en raison des temps de maintenance pénibles, il a été décidé d'utiliser des matériaux composites qui offrent une plus grande résistance à ces problèmes.

Dans ce projet, nous avons commencé par identifier le problème lui-même, puis nous avons choisi le matériau le plus approprié en fonction des besoins présentés, en cherchant à l'améliorer structurellement ; C'est pourquoi le PE 1000 a été choisi en raison des excellentes propriétés physiques et mécaniques qu'il offrait et, surtout, de son avantage le plus important : son faible poids. Après avoir pris connaissance des caractéristiques générales de l'équipement, les calculs théoriques de chacune des pièces de la caisse du compacteur ont été réalisés pour ensuite les valider et les analyser avec le simulateur.

De cette manière, l'étude suivante a été réalisée, qui vise à réaliser une analyse structurelle d'une caisse de compactage pour un camion de collecte de déchets solides urbains d'une capacité de 17 M3 en utilisant des matériaux composites tels que la fibre PE 1000 UHMW Superlining, qui une fois revêtu sur la structure offre une plus grande résistance à l'usure ; en le simulant avec le logiciel SolidWorks afin d'évaluer les contraintes et les déformations

Des tableaux comparatifs ont été réalisés avec chacune des parties de la boîte de compactage, tant le matériau d'origine que le matériau proposé dans la structure (renfort), en commençant par la plate-forme inférieure, qui est la partie qui travaille le plus, puis en continuant avec la plate-forme supérieure et enfin avec le réservoir de stockage.

En parcourant chacune de ces procédures, les résultats suivants ont été trouvés : la plate-forme inférieure proposée avait un facteur de sécurité de 2,7 par rapport au matériau d'origine, qui était d'au moins 2,4, et un déplacement de 0,71 mm par rapport à 0,775 mm ; dans le cas de la plate-forme supérieure, presque la même chose s'est produite. Mais là où la plus grande différence a été constatée, c'est au niveau du réservoir de stockage (matériau proposé) du camion, qui avait un facteur de sécurité de 2,3 et un déplacement de 0,473 mm par rapport à l'original, qui était respectivement de 1,75 et 7,07 mm.

Comme on peut le constater à partir des résultats obtenus, le matériau composite comme renfort offre une grande amélioration à la structure d'un point de vue mécanique ainsi qu'économique puisqu'il n'est pas si cher en raison des quantités requises.

**Keywords:** corrosion, urban waste, compactor box, composite materials

## I. INTRODUCCION

Los municipios tienen una gran necesidad de mejorar las condiciones de recolección de basura que diariamente producen los pobladores de una ciudad ya que según informe del 2019 en el País cada año se generan más 7 millones de toneladas de residuos, alrededor 20 mil toneladas al día. [1]

Para ello se utiliza un compactador de basura, que es una potente máquina cuya función principal es comprimir los residuos que ingresan, haciéndolos más pequeños para que entren más residuos. En el campo de la recogida de residuos, estos compactadores son tan distintivos como necesarios: se encuentran en todos los vehículos de recogida de residuos municipales, así como en muchas industrias especiales. [2]

Los compactadores son equipos compactas y versátiles, que ocupando poco espacio pueden manejar grandes cantidades de residuo y que pueden utilizarse para una amplia gama de residuos. Sin embargo, las deficiencias de estas cajas de acero al carbono es que son propensas a deformaciones y desgastes excesivos por corrosión y oxidación prematura que al entrar en contacto constante con los materiales orgánico ocasionan alta adherencia en el metal; por esa razón es que para solucionar este problema se utilizara los materiales compuestos , como recurso alternativo se toma la fibra PE 1000 UHMW; que demuestra propiedades ventajosas tales como: peso ligero, alta resistencia a la tracción, buena resistencia a los productos químicos y sobre todo que es muy resistente a la abrasión (15 veces más resistente a la abrasión que el acero de carbón). Además, es inodoro, insípido, y no tóxico. [3]

Con el método de estructura proporciona una mejor resistencia a la flexión con mejores propiedades dinámicas haciéndola de esta una estructura con baja densidad.

Mediante este proyecto se propone Analizar estructuralmente la caja de una compactadora utilizando una matriz como el acero y un refuerzo como PE 1000 ya que esto incrementara la eficiencia de descarga de los camiones. Para la simulación estructural se utilizará el software SolidWorks y por medio del criterio de Von Mises se obtendrá valores de esfuerzos, deformaciones, así como el factor de seguridad. [4]

### 1.1. Realidad problemática

Las cajas compactadoras de los camiones que recolectan basura están hechas de materiales de alta dureza como el acero, pero lamentablemente estos materiales están propensos a sufrir oxidación, corrosión que con tiempo tienden a perforarse sus estructuras, debido a las altas jornada de exposición a la suciedad, polvo y condiciones ambientales de temperatura.

Además, debido al peso de la carga más la estructura trae consigo un consumo más elevado de combustible, consumo más elevado de aceite en los cilindros hidráulicos en fin más demanda de mantenimiento en su estructura.

Por esta razón se pensó proponer una tecnología de material que ofrezca beneficios a la estructura siendo más eficiente en su desarrollo de trabajo y prolongando un cuidado al medio ambiente, además de que sea más rentable.

Es por esta razón que se va realizar un análisis de estructural para poder comprobar su capacidad de carga de acuerdo a sus dimensiones y propiedades del material con la finalidad de poder plantear un nuevo diseño y nuevo material sin alterar sus beneficios de sus estructural inicial.

Por lo tanto, en esta investigación utilizaremos el diseño original de la máquina para poder analizar sus esfuerzos empleando el software SolidWorks para realizar una simulación estática estructural.

De esta forma surge la pregunta de investigación

¿Será factible analizar estructuralmente una caja compactadora del camión recolector de RSU para garantizar su funcionabilidad de carga utilizando PE 1000?

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivos generales

- Análisis Estructural En la Caja Compactadora Del Camión Recolector De RSU Para Garantizar su funcionabilidad de carga utilizando PE 1000

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la fibra PE 1000 UHMW Superlining utilizando una matriz de ponderación
- Calcular los esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad de la caja compactadora debido a las sollicitaciones externas
- Realizar la simulación estructural en la caja compactadora mediante el software SolidWorks
- Elaboración de costos para el diseño de una caja compactadora

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. ANTECEDENTES

En 2019, Daniel [5] en su tesis titulada “Diseño de una Máquina compactadora de viruta metálica para la empresa “INGLEBY SAC “ – MOTUPE, LAMBAYEQUE “tiene el objetivo de mejorar la utilización de los residuos sólidos y generar ingresos por venta de viruta compactada ; para ello se utilizó el método de elementos finitos para su análisis y se empleó el software CAD y CAE SolidWorks para su diseño; el material empleado fue el acero AISI 1020HR con el que se obtuvo factor de seguridad mínimo de 3.35, un desplazamiento máximo de 1.81 mm y un esfuerzo máximo de 1.045MPa , con lo cual se validó la selección del material y geometría del componente. Según lo calculado de la construcción y puesta en marcha de la máquina compactadora de viruta metálica resulta viable económicamente, concluyendo al final que ambas investigaciones usaron el criterio de Von Mises para realizar sus análisis de factor seguridad, pero con la diferencia que en esta investigación la compactadora es estacionaria y trabaja con residuos de viruta aplicando un material distinto

En 2019, RUBEN ELIAS [6] publico la investigación “Diseño y construcción de una maquina compactadora de residuos sólidos para la empresa curtiembre Quisapincha “ con el objetivos de realizar estudios de desempeño, estableciendo las especificaciones técnicas que cumplan los requerimientos de compactación, para lo cual se utilizó el software Autodesk inventor para analizar los esfuerzos, deformaciones del sistema estructural y con el análisis de elementos finitos se determinara la respuesta del sistema sometido a cargas; el material empleado fue inoxidable AISI 304 y el acero galvanizado todo con la finalidad de que el proyecto sea rentable .Al final de la tesis se definió que en ambas investigaciones se utilizaron los mismos criterios de fallas, aunque con una herramienta de simulación distinta, también se notó que el ámbito de aplicación es menor ya que esta tesis solo se utiliza para la recolección de residuos sólidos de una empresa mientras que la otra es para la recolección de residuos domiciliarios con distintos materiales para su diseño.

En 2018 , CAMILO EDUARDO [7] en su investigación “Diseño de un sistema de compactación de papel y cartón para la empresa Mac anillados y acabados impresos SAC” tuvo la necesidad de buscar cumplir los requerimientos para llevar a cabo el proceso de compactado , realizando la simulación por elementos finitos con el software NX a fin de analizar el diseño por el criterio de Von mises, comparando estas luego con los cálculos analítico. Se trabajó con un acero A500 calculando así los esfuerzos máximos, desplazamientos y factor de seguridad; que al aplicar los materiales se obtuvo un esfuerzo máximo de 180,03MPa, un desplazamiento resultante de 0.615 mm en la superficie superior estando dentro de lo recomendado.

Al finalizar se concluyó que en ambas investigaciones se diseñará compactadoras pero esta investigación se trabajará únicamente con materiales de papel y cartón teniendo una cantidad más pequeña de recolección, pero teniendo los mismos análisis estructurales, aunque con materiales de construcción distinto; este trabajo con aceros mientras que en mi proyecto utilizare materiales compuestos

Según WELLIGTON [8], se realizó el “Estudio de factores técnicos que afectan el funcionamiento del camión recolector de residuos modelo CCL 120, para reducir los daños comunes en la estructura del conjunto compactador” para ellos se empleó por elementos finitos el criterio de Von Mises, así como para comprobación de la resistencia de la estructura se utilizó el método de diseño por esfuerzo permisibles (Método ASD) empleando el acero A37b ; al finalizar los resultados de la base de la estructura cumple su función de forma apropiada teniendo como factor de 10 y como esfuerzo producido de 187.186 N/m<sup>2</sup> estando dentro de los parámetros permitidos.

Por eso en esta investigación se hace un rediseño de las partes defectuosas en la caja compactadora para poder mejorar en su material y diseño mientras que en mi tesis se va iniciar un nuevo modelo de diseño, aunque realizando los mismo estudio y criterios estáticos.

según JOSÉ FIGUEROA, JOHAN MUÑOZ, ANDRES TORRES, DIEGO VENEGAS [9] en su investigación “ optimización del diseño de una caja compactadora instalada en los camiones recolectores de basura domiciliaria “ busca rediseñar la caja de residuos sólidos del camión recolector que cumpla con la norma para distribución de carga en el país en vehículos mayores y no presente muchas deformaciones plásticas , para ello se utilizó el software de ProMechanica mediante el método de elementos finitos, element /pro 5.0 desarrollando un diseño sólido y posterior análisis de la estructura . Se le realizó análisis de compactación y esfuerzos y desplazamiento utilizando el criterio de Von Mises; el material con el que se trabajo fue el acero A42-27. El desarrollo dio como resultado una caja compactadora optimizada la cual presenta variados avances respecto al modelo actual; teniendo en cuenta el uso de un acero especial que tiene una dureza de 500 HB presentando un límite de fluencia de 1200 MPa , un esfuerzo máximo de compresión de -148 MPa y un factor de seguridad de 2.8.; al finalizar se concluyó que los modelos de diseño en ambas tesis son similares con los mismos criterios de fallas, pero con materiales distintos sin embargo en esta tesis se realizan los análisis con el software ProMechanica

## 2.2. BASES TEORICAS CIENTIFICAS

### 2.2.1. Principales unidades del SI usados en el proyecto

En la siguiente tabla se menciona las unidades mecánicas más utilizadas, estas serán las más empleadas en el proyecto de diseño de cajas compactadoras en camiones recolectores de residuos sólidos domiciliarios. [9]

| Cantidad              | Unidad                          | Símbolo | formula   |
|-----------------------|---------------------------------|---------|-----------|
| Área                  | Milímetro cuadrado              |         | $m/m^2$   |
| Aceleración           | Metro por segundo al cuadrado   |         | $m/s^2$   |
| Tiempo                | Segundo                         | S       | S         |
| Densidad              | Kilogramos por milímetro cubido |         | $mm^3$    |
| Volumen(solidos)      | Milímetro cubido                |         | $m^2$     |
| Masa                  | Kilogramo                       | Kg      | Kg        |
| Fuerza                | Newton                          | N       | $kg/mm^3$ |
| Esfuerzo              | Mega pascal                     | MPa     | $N.mm^2$  |
| Presión               | Mega pascal                     | MPa     | $N.mm^2$  |
| Momento de una fuerza | Newton-milímetro                |         | N.mm      |

Tabla 1 : Unidades de Medida

### 2.2.2. Estática y mecánicas de solidos

#### Equilibrio de una partícula

- Para una partícula cuando el efecto neto de las fuerzas es cero, decimos que está en equilibrio, por lo que definimos que cuando el resultado de todas las fuerzas aplicadas a la partícula es cero, la partícula está en equilibrio.
- Cuando un objeto está sometida a dos fuerzas estará en equilibrio en mientras ambos tengan el mismo modulo y la misma dirección, pero sentidos distintos. [9]

#### Equilibrio de una partícula

- Un diagrama de solido libre se denomina boceto rápido en el que se describen las situaciones físicas de una incógnita [10]. Esto se logra seleccionando una partícula importante e importando otro diagrama que muestra la forma y todas las fuerzas que actúan sobre ella.

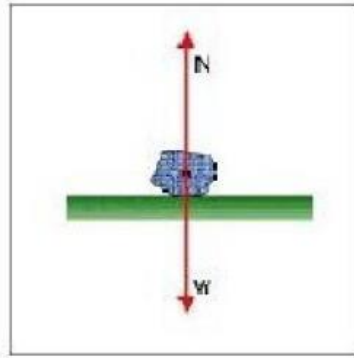


Ilustración 1 : Diagrama de cuerpo libre

### Fuerza Externa e internas

- Simbolizan los efectos de otros cuerpos sobre el uno considerado sólido. Son los toman en cuenta el comportamiento externo del solido rígido. Harán que se mueva o permanezcan en reposo [10]

### Momento de una fuerza con respecto al punto

- Se define el momento de  $F$  con respecto a  $O$  como el producto vectorial de  $r$  y  $F$ .
- $m_o = r \times F$

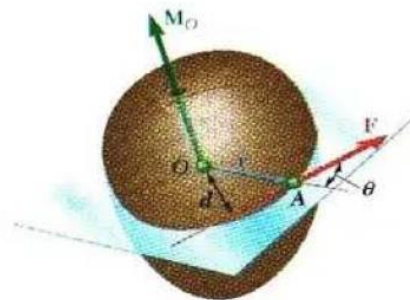


Ilustración 2 : momento de una fuerza [10]

### Mecánica de sólidos

Sirve para conocer el comportamiento interno de un cuerpo deformable, para ello se va definir 2 conceptos importantes:

- **Materiales dúctiles.** - El acero estructural y mucho otros materiales metálicos se distinguen por su capacidad de fluir a temperaturas normales. [11] Cualquier material que pueda estar sujeto a deformaciones significativas en la unidad antes de la fractura se denomina material dúctil [12].

- **Materiales Frágiles.** – El acero fundido, el vidrio y la roca se vuelven perceptibles debido al hecho de que la fractura se produce sin cambios en la tasa de elongación

### Equilibrio de un cuerpo deformable

**A. Cargas Externas.** -. Las cargas externas pueden clasificarse como fuerzas superficiales del cuerpo.

- **Fuerzas de superficie:** las fuerzas de superficie resultan del contacto directo de un objeto y la superficie de otro.
- **Fuerza de cuerpo:** Se desarrolla cuando ejerce una fuerza sobre otro sin contacto entre ellos.
- **Reacciones en cuerpos:** Las fuerzas que surgen en los fulcros o puntos de contacto se denominan reacciones.

**B. Resultantes de la cargas internas.** – se debe utilizar el método de la sección transversal para calcular la carga interna que actúa sobre un parte particular del cuerpo. [12] Para ello es necesario hacer una sección imaginaria a través de la región donde van las cargas internas

- Fuerza Normal (N):
- Fuerza Cortante (V):
- Momento Torsionante o Torca (T):
- Momento Flector (M):

**C. Esfuerzo normal ( $\sigma$ ).**- Es el grado de fuerza por área unitaria, actuando normalmente a  $\Delta A$ . Como  $\Delta F_2$  es normal al área entonces:

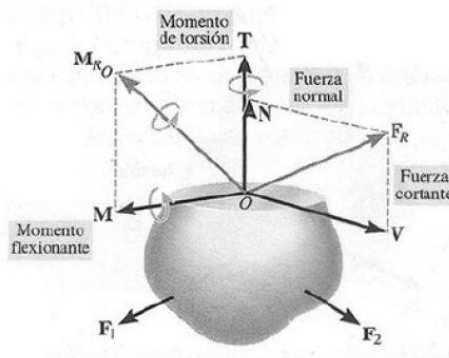


Ilustración 3: Carga interna en el plano tridimensional [12]

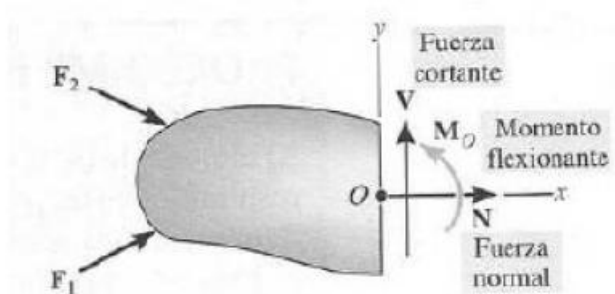


Ilustración 4: Fuerzas internas en un plano bidimensional

**D. Esfuerzo cortante.** - la intensidad de fuerza, actúa tangente a  $\Delta F$  se llama esfuerzo cortante ( $\tau$ ). Aquí se tiene los componentes de esfuerzo cortante.

$$\tau = \frac{P}{2A}(1 + \text{sen}2\theta)$$

### 2.2.3. Camión compactador de Residuos urbanos

También conocidos como camiones de basura, están especialmente diseñados para recolectar pequeñas cantidades de desechos y transportarlos a vertederos y centros de reciclaje

Suelen estar equipados con un mecanismo hidráulico para levantar un contenedor típico que suele estar situado en el exterior y a su vez verter la basura en la boca de carga. También puede ofrecer la función de compresión de residuos para lograr mayor capacidad de almacenamiento

Existen versiones especiales para la limpieza de contenedores que van detrás del carro de recogida y su función es limpiar y desinfectar los contenedores después de que hayan sido vaciados por el carro de recogida

Son muy populares en las zonas urbanas y también sirven en áreas rurales.

Existen 3 tipos:

1. Carga lateral: los residuos se recogen desde el lateral del camión



Ilustración 5: carga lateral [9]

2. Carga trasera: los residuos se recogen por la parte posterior del camión



Ilustración 6: carga trasera [9]

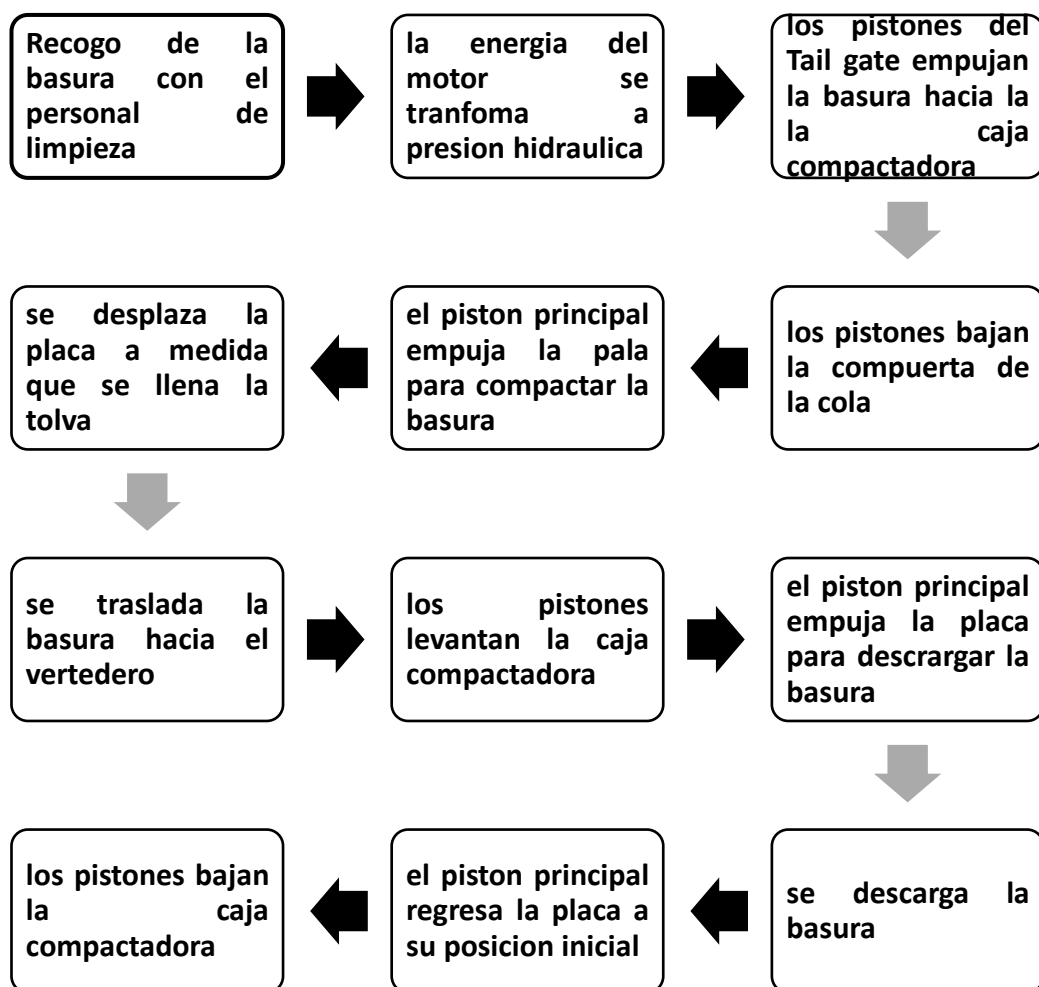
### 3. Carga frontal:



Ilustración 7: carga frontal

En este caso se estudiará un camión compactador de carga trasera. su funcionamiento consta de la siguiente manera:

La basura se carga en una tolva atrás del camión de carga posterior; los cilindros hidráulicos operan el mecanismo de compactación, que saca la basura de la caja compactadora y la coloca en la tolva del camión. Cuanta más basura se coloca en la tolva, más se compacta. Debido a que la unidad de compactación se encuentra en la parte exterior del cuerpo del camión, evita que la basura se caiga del camión cuando está lleno o en movimiento. Cuando el camión está lleno, el conductor lleva la basura a los rellenos sanitarios. La parte trasera del camión se inclina hacia arriba y los cilindros hidráulicos apartan los paneles de compactación. A continuación, se tira la basura del camión.



*Ilustración 8: Proceso Completo de Operación de la Caja Compactadora [9]*

La parte que conforman principales que conforman un camión compactador son las que se mencionaras a continuación:

- Tanque de aceite hidráulico
- Tolva
- Caja compactadora
- Sistema de operación de la caja compactadora
- Estructura de cucharón
- Controles de operación

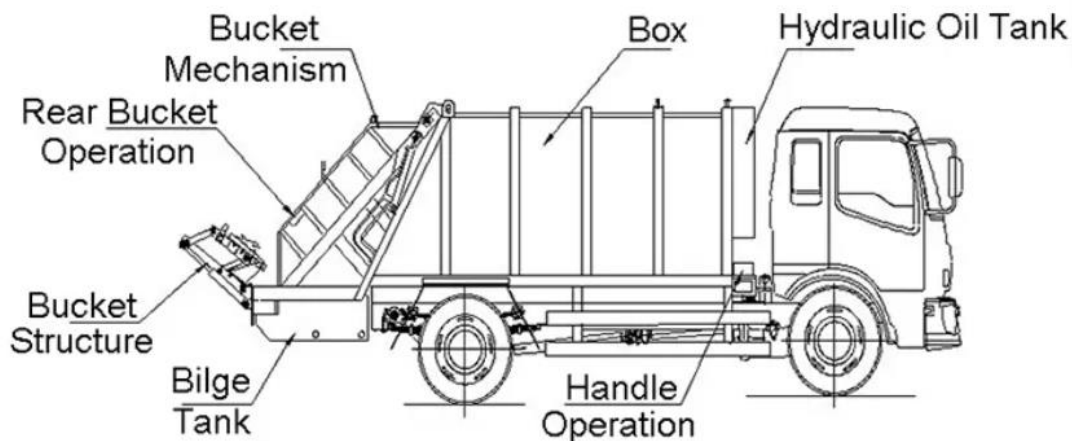


Ilustración 9: Partes de un camión compactador

## 2.2.4. Caja compactadora

Su material en la que está hecho la caja compactadora es el siguiente:

### 2.2.4.1. Acero F24

Es un acero porque tienen propiedades mecánicas independientemente de su composición química, y no está sujeta a tratamiento térmico.

Se pueden clasificar como aceros utilizados para el desbaste de estructuras metálicas en general y como aceros de baja aleación y alto límite de elasticidad. Según los resultados en los ensayos de tracción los clasificamos en: Alta resistencia

El acero mencionado en esta especificación se designará con la letra F seguida de un número que indica el límite elástico mínimo, expresado en decanewton por milímetro cuadrado y se clasificará como:

Los aceros de designación F-20, F-24, F-26, F-36 y F-45 se utilizarán en estructuras metálicas. [14]. Mayor referencia revisar el anexo Nro 1

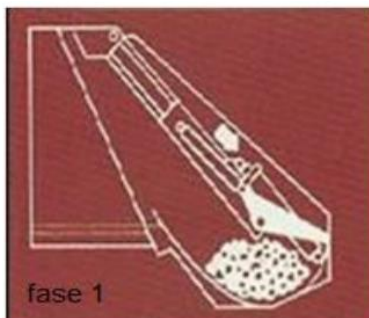
| Clasificación IRAM-IAS |                                     |                                 |                            |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Designación            | Resistencia a la tracción min (MPa) | Límite de fluencia mínimo (MPa) | Alargamiento de rotura (%) |
| F24                    | 370                                 | 240                             | 25                         |

Tabla 2: propiedades del F24 [14]

Los ciclos de operación de la caja compactadora constan de 4 fases de movimientos.

#### Fase 1

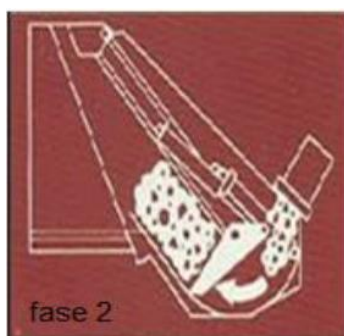
Los cilindros de compactación se contraen, lo que hace que el compresor se mueva hacia abajo. El sistema de ciclo intermitente detiene la placa de barrido/presión en un punto aproximadamente seis pulgadas por encima del borde de la tolva. [9]



*Ilustración 10: fase 1*

## **Fase 2**

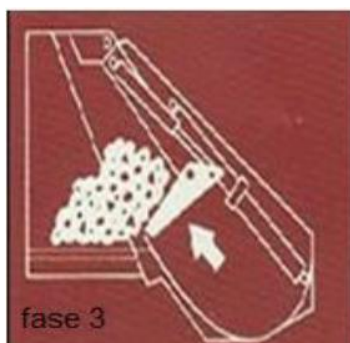
La segunda etapa del ciclo comienza con los cilindros de barrido girando la placa de presión/barrido a través de la tolva. Al final del ciclo, se puede recargar.



*Ilustración 11 : fase 2*

## **Fase 3**

Los cilindros se extienden para compactar la carga. La fuerza se controla y se mantiene durante todo el ciclo de compresión para garantizar una compresión del cilindro al 100 %. El panel de control de la máquina de inyección avanza automáticamente cuando se alcanza la compactación de manera óptima.



*Ilustración 12: fase 3*

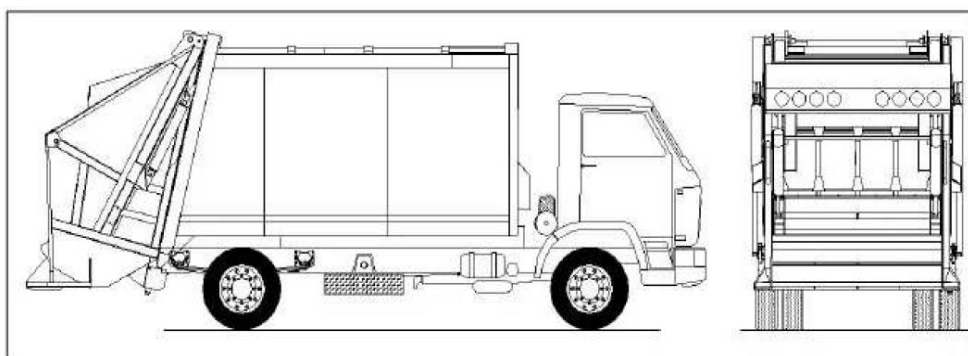
### 2.2.5. Ficha técnica del compactador.

Es un equipo de  $17m^3$  recolector compactador de carga trasera de marca ECONOVO [13]

#### A. Uso del equipo

- Sistema de recolección y compactación, equipado sobre un camión, apto para servicio de recolecta diurno y nocturno, por método de carga manual, mecanizada.
- Descarga por placa expulsora, apertura automatizada e izamiento de la tolva /cola de carga por cilindros oleo hidráulicos, apto para la descarga en estaciones de trasferencia y rellenos sanitarios.

#### B. Características principales [13]



*Ilustración 13: característica de un camión compactador [13]*

El camión compactador está hecho de una viga de acero reforzado, la pala de prensado está formada de un marco de acero y una mesa plegable, el cuerpo del compactador está hecho de un marco. La potencia de salida del motor es gestionada por un sistema de control electrónico.

**Unidad.** - compactador de residuos sólidos de carga posterior de  $17m^3$  de capacidad sobre chasis.

**Diseño y fabricación.** - Diseño y fabricación ECONOVO

**Año modelo.** - Año y fabricación 2021 y modelo 2021

**Carrocería.** - compactador de residuos sólidos modelo ANDRES17

**Capacidad Útil.** -  $17m^3$

**Capacidad Tailgate.** -  $2.3 m^3$  sin suples ni barandas a fin de garantizar la originalidad del producto

**Forma de carga.** - posterior

## C. Dimensiones

**Longitud de carrocería:** 4,350 mma aprox- 6290 mm aprox (total)

**ancho total:** 2,340mm aprox

**altura interior:**2,000mm aprox

**ancho interior:** 2,332 mm aprox

**peso de la compactadora:** 5,500kg

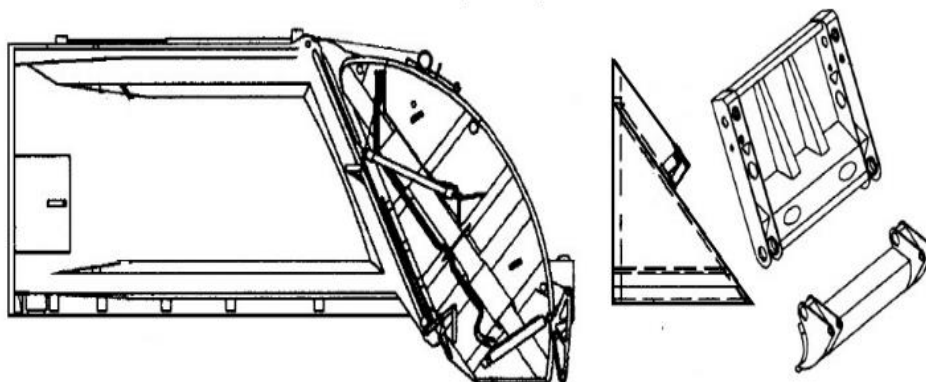
**relacion de compactación:** 3 A 1

**certificación de calidad:** certificado ISO9001:2015

**soldadura:** tipo de soldadura MIG/ MAG

Para mayor información revisar el anexo Nro 2

### 2.2.6. Componentes de compactadora de residuos solidos



*Ilustración 14 : componentes de una caja compactadora*

#### A. Caja de almacenaje

**Piso.** - planchas de acero estructural F24 plegado de espesor 4.76 mm con durmientes de perfil “U” en acero F24 plegado, de espesor 6.35mm

**Laterales.** - Fabricados totalmente lisos y semicircular de eje horizontal a todo lo largo de la caja en plancha de acero F24, de espesor 7.94mm

**Rieles de roce superior e inferior:** fabricados de una sola pieza a todo largo de la caja en plancha de acero F24, espesor 7.94

**Techo:** plancha de acero F24 de espesor 4.76mm

**Hermeticidad:** la caja compactadora hermética, evita olores, polvos, perdida de líquidos productos de la compactación

## B. Tolva posterior de carga

**Capacidad de la tolva:** 2.3M3, sin suples ni barandas a fin de garantizar la originalidad

**Laterales:** plancha de acero F24 de espesor 4.76mm con refuerzos verticales y tubos rectangulares soldados con soldadura robótica

**Tolva de recepción de basura.** - piso (6.35mm de espesor) y laterales de tolva en plancha de acero de alta resistencia F24.

**Cierre de tolva.** - automático/hidráulica con la finalidad de minimizar riesgos de accidentes otras bondades: dos cilindros hidráulicos de doble efecto para el izaje de la tolva de recepción

**Bandeja para lixiviados:** Recipiente para líquidos extraídos de la compactación de desecho, de capacidad de 71 litros

**Estribos y agarraderas:** estribos posteriores y asas verticales para operarios.

## 2.2.7. Material de reforzamiento PE 1000 UHMW

### 2.2.7.1. Concepto fundamental del polietileno

Es el más simple de los polímeros. Es uno de los plásticos más comunes y no es dañino para el cuerpo. Mediante la polimerización del etileno se pueden obtener productos con una amplia gama de propiedades físicas. La estructura química básica de estos productos se muestra en la Figura 1.3 y tienen las mismas propiedades químicas que los alcanos. [15]

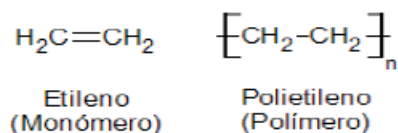


Ilustración 15 : Formula de la estructura del polietileno [15]

### 2.2.7.2. Estructura química del polietileno

El análisis del polietileno (C, 85.7%; H, 14.3%) corresponde a la fórmula empírica  $(\text{CH}_2)_n$ , resultante de la polimerización por adición del etileno.

La fórmula empírica  $(\text{CH}_2)_n$  es el resultado de la adición de etileno. Hay una diferencia entre un alcano de cadena lineal y un polietileno típico que es de cadena ramificada y contiene tres tipos de olefínicos. [16]

### 2.2.7.3. Propiedades de desplazamiento

Posee propiedades autolubricantes, especialmente en fricción por deslizamiento en seco con metal. El valor medio del coeficiente de rozamiento es 0,25. [16]

### 2.2.7.4. Características del polietileno

Las características fundamentales son las siguientes: la elasticidad, alargamiento a la rotura, densidades, fricción, resistencia a la rotura por impacto, tracción y temperatura máxima y mínima de trabajo. [16]

## 2.2.8. Conceptos relacionados

**Análisis estructural.** - El objetivo principal del análisis de resistencia estática de la estructura es evaluar el estado de tensión de la estructura sujeta a una fuerza constante. Esta evaluación de la condición de tensión generalmente se realiza para verificar las características de diseño aplicadas frente a un criterio de resistencia.

**SolidWorks.** – Es una serie de instrumentos necesarios para diseñar, simular, publicar, manejar proyectos y procedimientos, amplificando la innovación y la productividad de los recursos de ingeniería. El SolidWorks es un software de diseño en CAD tridimensional (diseño asistido por computadora) para plasmar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D, ofreciendo una serie de soluciones para cubrir los aspectos involucrados en el proceso de desarrollo de productos con la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, y gestionar los datos del proceso de diseño.

El sistema de medición y validación de SOLIDWORKS Simulation somete los modelos a condiciones similares a las que se aplican en la realidad, mejorando la calidad del producto y reduciendo el costo de los prototipos. [13]

### 2.2.9. Método de elementos finitos.

Permite crear un modelo matemático del sistema real, que es más fácil y económico de modificar que un prototipo. Sin embargo, sigue siendo un método de aproximación debido a los supuestos básicos del método.

Para los análisis se emplearon las bases implementadas en el software SolidWorks 2021. En el caso del software SolidWorks, éste formula las ecuaciones que rigen el comportamiento de cada elemento teniendo en cuenta su conectividad con los demás elementos.

**criterio de falla.** - Deformación plástica, es cuando un material falla y este presenta deformaciones plásticas.

### 2.2.10. Criterio de Falla de Von Mises. -

Indica que la falla ocurre cuando la energía de tensión total en una unidad de volumen alcanza la energía de tensión en la misma magnitud que el límite elástico.

$$\frac{\sigma_{fl}}{FS} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2}$$

Donde el factor de seguridad  $\frac{\sigma_{fl}}{FS} = \sigma_{adm}$

### 2.2.11. Software CES – EDUPACK. -

Es un software científico, pensado para profesionales dedicad al sector de los materiales, básicamente. Proporciona una información única y completa sobre las propiedades técnicas y de carácter económico de los materiales, así como sus procesos de transformación. [14]

## III. METODOLOGIA

análisis estructural se empezó con definir el tipo de caja que se va analizar recolectando toda la información posible respecto a especificaciones técnicas, dimensiones, materiales y sobre todo recolectando y evaluando las principales fallas que presentan y presentaran en el futuro estas cajas compactadoras. Para poder analizar utilizaremos todos los principios de la estática para poder analizar sus cargas, esfuerzo y deformación por medio del software SolidWorks empleando los principales criterios de fallas

### 3.1. Tipo y nivel de investigación

#### 3.1.1. Tipo

De acuerdo a las características principales de esta investigación se puede definir que es descriptiva – correlativa pues se basa principalmente en identificar y evaluar las principales fallas que podrían afectar la vida útil del componente ofreciéndole la calidad de mejora y el aumento de ciclo de vida con materiales nuevos. Pues la finalidad no solo es cambiar el material, sino que sea económicamente rentable.

#### 3.1.2. Nivel

Este tipo de investigación es de nivel mixta ya que tiene un enfoque cuantitativo porque utiliza datos de mediciones numéricas y análisis estadísticos. También tiene un enfoque cualitativo porque hay recolección de datos sin mediciones numéricas para afinar interrogaciones de investigación en el proceso de interpretación

### **3.2. Diseño de investigación**

Es un diseño de investigación no experimental ya que no se logra aplicarlo en la vida real de forma empírica sino solamente se utilizó la simulación para proyectar su desempeño de acuerdo a condiciones de carga que está sometida las distintas estructuras; por lo cual se analizara las posibles fallas que tendría y se propondría una tecnología en el material.

### **3.3. Población y muestra**

El estudio de sería una caja compactadora de acero F24, revestida con fibra PE 1000 UHMW

La población son las cajas compactadoras diseñadas hoy en día con solamente aceros al carbono.

### **3.4. Criterios de selección**

Proximidad de ciclo de trabajos de los equipos

Proximidad en los tiempos de trabajo de los equipos

Mediciones de estado actual de la recolección de residuos

Impactos de los residuos sólidos en la estructura

### **3.5. Operación de variables**

**ANALISIS ESTRUCTURAL EN LA CAJA COMPACTADORA DEL CAMION RECOLECTOR DE RSU PARA GARANTIZAR SU FUNCIONABILIDAD DE CARGA CON PE1000**

| <b>VARIABLES INDEPENDIENTE</b>                                                                                                          | <b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>                                                                                                               | <b>DEFINICION OPERACIONAL</b>                                                                                                                                                                                                   | <b>DIMENSIONES</b>              | <b>INDICADORES</b>    | <b>ITEMS</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------|
| Análisis Estructural En la Caja Compactadora Del Camión Recolector De RSU Para garantizar su funcionabilidad de carga utilizando PE1000 | La función principal de esta máquina es comprimir los residuos que entran, haciéndolos más pequeños y permitiendo que entren más residuos. | Se logrará adherir un reforzamiento a la caja compactadora utilizando la fibra PE 1000 UHMW mediante el diseño conceptual, el dimensionamiento de compactado y para la simulación se realizará un análisis estático estructural | Diseño conceptual               | Matriz de ponderación | Razón lógica |
|                                                                                                                                         |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                 | Dimensionamiento del compactado | Diámetro              | mm           |
|                                                                                                                                         |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                 |                                 | Altura                | mm           |
|                                                                                                                                         |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                 |                                 | Peso                  | kg           |
|                                                                                                                                         |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                 | Análisis estructural            | Esfuerzo              | pa           |
|                                                                                                                                         |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                 |                                 | Desplazamientos       | mm           |
|                                                                                                                                         |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                 |                                 | Deformación unitaria  | Adimensional |
| Factor de seguridad                                                                                                                     | Adimensional                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |                       |              |

| <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>                          | <b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>                                                                                                              | <b>DEFINICION OPERACIONAL</b>                                                                                                                | <b>DIMENSIONES</b>      | <b>INDICADORES</b> | <b>ITEMS</b>        |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|
| MEJORAR SU FUNCIONABILIDAD DE CARGA DE LA ESTRUCTURA | Para mejorar la funcionabilidad de carga consistirá en la utilización de materiales compuestos; otorgando mayor eficiencia al equipo. [3] | Con la fibra PE 1000 UHMW al trabajarlo con el acero se aprovecha sus propiedades física y mecánicas junto con la compensación de esfuerzos. | Tecnología del material | ISO 1183           | g / cm <sup>3</sup> |
|                                                      |                                                                                                                                           |                                                                                                                                              |                         | ISO 527            | Mpa                 |
|                                                      |                                                                                                                                           |                                                                                                                                              |                         | Reevaluado         | -                   |

### **3.6. Técnica e instrumentos de recolección de datos**

En este proyecto de investigación se utilizará la observación directa de listas de requerimientos de cajas compactadoras como las ECONOVA y distintas fichas técnicas; e indirecta, de propiedades mecánicas de fibra PE 1000 UHMW

### **3.7. Procedimientos**

La recolección de datos de la caja compactadora pertenece a un determinado camión de residuos sólidos que corresponde a la municipalidad de Chiclayo obteniendo esta información sobre sus especificaciones técnica de su estructura (planos, funcionamiento y turnos de trabajo).

También se logró obtener por parte de ellos la caracterización de carga y densidad de residuos de trabajo para estimar los esfuerzos afectan al equipo. Se realizo preguntas a los conductores respectos a ciclo de vida de los equipos mencionando algunas fallas al momento de comprimir

### **3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos**

Teniendo toda esta información se procesó las condiciones para seleccionar el material y analizar una mejor distribución de esfuerzos en el equipo. La selección de material y se da de acuerdos a las propiedades física y mecánica que ofrece y en base también a su ciclo de trabajo del compactador. Se respalda este también por la resistencia que ofrece en otros ambientes de empleo.

Con los dimensionamientos de la estructura se procederá aplicarlos en el software SolidWorks para predecir sus deformaciones y así mejorar su ciclo de vida.

### **3.9. Matriz de consistencia**

**ANALISIS ESTRUCTURAL EN LA CAJA COMPACTADORA DEL CAMIÓN RECOLECTOR DE RSU PARA  
GARANTIZAR FUNCIONABILIDAD DE CARGA CON PE1000**

| <b>PROBLEMAS</b>                                                                                                                                  | <b>OBJETIVOS</b>                                                                                                                            | <b>HIPOTESIS</b>                                                                                                                           | <b>VARIABLES</b>                                                                                                                   | <b>METODOLOGIA</b>                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿será posible analizar estructuralmente la caja compactadora del camión recolector de RSU para garantizar su funcionabilidad utilizando fibra PE? | <b>GENERAL</b>                                                                                                                              | <b>GENERAL</b>                                                                                                                             | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>                                                                                                      | <b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b>                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                   | Análisis estructural en la caja compactadora utilizando del camión recolector de RSU para garantizar su funcionabilidad utilizando fibra PE | Si se utiliza fibra PE1000 UHMW se mejorará el tiempo de vida y reducirá el peso de la caja compactadora                                   | Utilización de material y el análisis estructural - de una caja compactadora                                                       | Tipo aplicada – correlacional                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                             |                                                                                                                                            | <b>INDICADORES</b>                                                                                                                 | <b>TECNICA: RECOLECCION DE DATOS</b>                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                   | <b>ESPECIFICOS</b>                                                                                                                          | <b>ESPECIFICOS</b>                                                                                                                         | Matriz Ponderación<br>Diámetro<br>Altura<br>Peso<br>Esfuerzos<br>Desplazamientos<br>Deformaciones unitarias<br>Factor de seguridad | En este proyecto de investigación se utilizará la observación directa de listas de requerimientos de cajas compactadoras como los Econovo, unimeca, distintas, fichas técnicas; e indirecta, de propiedades mecánicas de materiales. |
|                                                                                                                                                   | Caracterizar la fibra PE 1000UHMW Superlining utilizando una matriz de ponderación                                                          | se evaluarán las propiedades del compuesto de fibra PET y entonces se definirán sus propiedades mecánicas, tipo interacción fibra - matriz | <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>                                                                                                        | <b>POBLACION Y MUESTRA</b>                                                                                                                                                                                                           |
| Determinar los esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad de la caja compactadora debido a la sollicitaciones externas                        | Si se realiza los cálculos teóricos anticipadamente a la simulación entonces se podrá mejora el reforzamiento haciéndolo más optimo         | Reducción de desgaste en la estructura y extensión de vida útil del material                                                               | La unidad de estudio es la caja compactadora con acero F24 y fibra PET 1000 UHMW                                                   |                                                                                                                                                                                                                                      |

|  |                                                                                       |                                                                                                                                                                |                         |                                                                                              |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Realizar la simulación estructural en la caja compactadora con el software SolidWorks | Si se simula la estructura, entonces se identificarán las zonas crítica de concentración de esfuerzos, para posteriormente mejorar el soporte de dichas cargas | <b>INDICADORES</b>      | La población serán las cajas compactadoras actuales que se fabrican con distintos materiales |
|  | Realizar un análisis económico de costo en los componentes que se van a utilizar      | Si se evalúan los costos en los componentes entonces se obtendrá la viabilidad del diseño                                                                      | Tecnología del material |                                                                                              |

### **3.10. Consideraciones éticas**

En esta investigación no se tiene fines de lucro sino lograr un mejor desarrollo educativo aplicativo de los conocimientos aprendidos durante la carrera de ingeniería mecánica – eléctrica y aportar una mejora en los equipos de trabajo de compactación de la municipalidad.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Caracterizar la Fibra PE 1000 UHMW utilizando una matriz de ponderación**

Dada la gran ayuda que puede ofrecer el material PE respecto a las necesidades que presenta la caja compactadora por ser más resistente a la oxidación ofrecer una notable limpieza en sus paredes de la hoja compactadoras al momento de trabajar (antiadherente), ofrecer una reducción de peso en el equipo y sobre todo por no llegar alterar sus criterios de falla que se requiere en esta estructura dentro de los parámetros de ingeniería de diseño, se optó por implementar el material propuesto en el acero sin dejar de emplear este último en su totalidad. Ya que de por si el acero tiene mucha durabilidad en el tiempo y también es relativamente económico, pero si con ciertos defectos que van ser solucionado por el poliéster; con total seguridad.

Entonces sin la necesidad de alterar su estructura geométrica tanto en la hoja superior como en la hoja inferior solo se realizará una serie de orificios verticales que estarán en contacto directo con el material reciclado, entonces así se logrará aprovechar los beneficios ofrecidos por los materiales sin perjudicar los estudios óptimos de análisis en el acero.

Por esto se realizará estudios teóricos de los materiales y por del medio del simulador se cotejará esos resultados para comprobar su viabilidad en esta nueva propuesta, permitiendo que más adelante se puede proponer en base a esto un nuevo prototipo de diseño.

Para empezar con el estudio del polietileno se mencionará los criterios que deben cumplirse. [18] la densidad es la que más se usa, ya que es un buen indicador de las cualidades de los polietilenos, que tienen densidades más altas. Según la densidad, el polietileno de alta densidad se puede dividir:

1. Polietileno de densidad alta
2. Polietileno de densidad alta y alta masa molecular (PEAD-APM o sus siglas en ingles HMW-HDPE)
3. Polietileno de ultra alta masa molecular
4. Polietileno modificados por entrecruzamiento

### 4.1.1. Polietileno de alta densidad

Es un miembro de las poliolefinas obtenidas de una reacción conocida como polimerización del polietileno a partir del etano, un componente del gas natural. Es posible encontrar polietileno de alta densidad semicristalino (70 – 80%), en todos los tonos transparentes y opacos.

La estructura del Polietileno de Alta Densidad es el factor más importante para determinar sus propiedades, como las de cualquier otro material [16]

#### 4.1.1.1. Propiedades físicas

El Polietileno de Alta Densidad tiene una densidad de entre 0,941 y 0,965 g/cm<sup>3</sup>. Es un material cristalino que parece cera y es opaco: la transmitancia de este plástico está entre cero y cuarenta por ciento, dependiendo del espesor. [16]

| propiedades                              | unidades          | valor        |
|------------------------------------------|-------------------|--------------|
| Densidad                                 | g/cm <sup>3</sup> | 0,941- 0,965 |
| absorsion de agua                        | mg a 96 h         | < 0,5        |
| contraccion                              | %                 | 1,5 - 3      |
| Resistencia a la tension al cede         | N/mm <sup>2</sup> | 18 - 35      |
| Elongacion Punto de Ruptura              | %                 | 1000         |
| Resistencia al impacto                   |                   |              |
| Ranurado 1 A20°C                         | KJ /m             | No rompe -   |
| A -20°C                                  | KJ/m              | 6 >5         |
| Temperatura de defeccion 1,86            | C°                | 50           |
| N/mm <sup>2</sup> 0,45 N/mm <sup>2</sup> | C°                | 75           |
| Resistencia Dieléctrica                  | KV /Cm            | >600         |

Tabla 3 : Principales Propiedades físicas de alta densidad [18]

#### 4.1.1.2. Propiedades químicas

Los polímeros son muy resistentes a los reactivos inorgánicos como ácidos y álcalis. Pero son vulnerables a algunos solventes orgánicos, especialmente si tienen similitudes químicas con las unidades que los componen. Debido a su estructura no polar, el polietileno de alta densidad puede resistir los agentes químicos mejor que otros plásticos. Esta fuerza generalmente se fortalece a medida que la densidad y el peso molecular aumentan. En la tabla de la página siguiente se muestran las principales propiedades químicas del Polietileno de Alta Densidad: [18]

| <b>Reactivo</b>          | <b>Resistencia</b>   |
|--------------------------|----------------------|
| Ácidos - concentrados    | buena                |
| Ácidos - diluidos        | buena                |
| Alcalis                  | buena                |
| alcoholes                | buena                |
| cetonas                  | buena                |
| grasas y aceites         | aceptable            |
| halogenos                | mala                 |
| hidrocarburos aromaticos | Aceptable -<br>buena |

Tabla 4: principales Propiedades químicas del polietileno de alta densidad

#### 4.1.1.3. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de un material son cómo pueden resistir fuerzas un material. Las propiedades mecánicas del polietileno de alta densidad dependen de su estructura, que incluye la distribución del peso y la cristalinidad. Pero también depende de factores externos como la temperatura, el entorno químico y el tiempo; el tiempo es una medida de la rapidez con que se aplican las fuerzas. Además, su duración [16]

| <b>propiedades</b>          | <b>unidades</b> | <b>valor</b>  |
|-----------------------------|-----------------|---------------|
| Coefficiente de fricción    |                 | 0,29          |
| dureza - Rockwell           |                 | D60-73- Shore |
| Modulo de traccion          | (Gpa)           | 0,5 - 1,2     |
| relacion de poisson         |                 | 0,46          |
| resistencia a la traccion   | (Mpa)           | 15- 40        |
| resistencia al impacto izod | (Jm-1)          | 20- 210       |

Tabla 5: propiedades Mecánicas PE de alta densidad

#### 4.1.1.4. Propiedades térmicas

La temperatura de transición del polietileno de alta densidad es de 25 °C bajo cero. A medida que se acerca la fusión de los cristales, el calor específico del Polietileno de Alta Densidad aumenta dramáticamente, el calor específico incrementa mostrando un máximo.

A veces, la contracción incontrolable de las piezas moldeadas grandes se debe a la disminución de la densidad con el aumento de la temperatura. [16]

| Propiedades                                     | unidades                                        | valor     |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|
| calor específico                                | $(kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$               | 1,9       |
| conductividad termica                           | $a 23 \text{ } ^\circ C (wm^{-1} \cdot K^{-1})$ | 0,45-0,52 |
| Dilatacion termica                              | $(x 10^{-6} k^{-1})$                            | 100-200   |
| temperatura maxima de utilizacion               | $(C^\circ)$                                     | 55 - 120  |
| temperatura de deflexion en caliente - 0,45 Mpa | $(C^\circ)$                                     | 75        |

Tabla 6: principales propiedades térmicas del polietileno de alta densidad. [16]

#### 4.1.1.5. Propiedades eléctricas

Un excelente aislante eléctrico, el polietileno de alta densidad es un material que no conduce la electricidad. Aunque tiene el inconveniente de almacenar cargas eléctricas estáticas, lo que puede hacer que aparezcan "micro" arcos eléctricos que atraigan el polvo y provoquen descargas. [18]

| Propiedades              | unidades             | valor                 |
|--------------------------|----------------------|-----------------------|
| constante dielectrica    | A 1MHz               | 2,2 - 2,4             |
| factor de disipacion     | A 1MHz               | $1-10 \times 10^{-4}$ |
| resistencia dielectrica  | $(KV \cdot mm^{-1})$ | 22                    |
| resistividad superficial | $(ohm / sq)$         | $10^{13}$             |
| resistividad de volumen  | $(ohmcm)$            | $10^{15} - 10^{18}$   |

Tabla 7: principales propiedades eléctricas del polietileno de alta densidad.

#### 4.1.2. Polietileno de alta densidad alta masa molecular

Tiene un peso molecular promedio de entre 200.000 y 500.000 g/g-mol, lo que lo diferencia del polímero convencional de alta densidad. Otra forma de decir esto es que fluye a una velocidad de alrededor de 0,1 g por 10 minutos.

##### 4.1.2.1. Propiedades

Presenta buena resistencia al desgarro, amplio rango de temperaturas de trabajo, impermeabilidad al agua y no guarda olores son algunas de las propiedades del polietileno de alta densidad.

Es muy similar al polietileno de alta densidad en cuanto a su resistencia química, pero el mayor peso molecular lo hace mejor, por lo que puede soportar tiempos de exposición más largos en pruebas estandarizadas.

### 4.1.3. Polietileno de ultra alta masa molecular

Es difícil procesar este tipo de Polietileno debido a su alta densidad y alto peso porque posee alrededor de 3 a 6 millones de gramos por cada gramo-mol. Tiene un índice de fluidez muy bajo, por lo que es difícil utilizarlo en métodos de transformación de plásticos como soplado, inyección o extrusión. [18]

### 4.1.4. PE 1000 UHMW

Las propiedades del Polietileno de Ultra Alta Masa Molecular son diferentes a las de los otros dos tipos de polietileno debido a su alto peso molecular. Es resistente al punto que puede reemplazar aplicaciones de algunos metales.

#### 4.1.4.1. Propiedades Físicas

Entre sus propiedades físicas, es ligeramente más denso que el polietileno de alta densidad, lo que lo hace destacar.

| Propiedades                                                                | unidades            | valor         |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|
| Densidad                                                                   | G / cm <sup>3</sup> | 0,942 - 0,954 |
| absorcion de agua                                                          | Mg a 96 h           | < 0,5         |
| contraccion                                                                | %                   | 1,5 - 3       |
| resistencia a la tension al cede                                           | N / mm <sup>2</sup> | 22 - 24       |
| elongacion punto de Ruptura                                                | %                   | > 800         |
| Temperatura de Deflexion 1,86 N /mm <sup>2</sup><br>0,45 N/mm <sup>2</sup> | °C                  | 66 -68        |
| resistencia dielectrica                                                    | KV /cm              | > 600         |

Tabla 8 : Principales propiedades físicas del UHMWPE [16]

#### 4.1.4.2. Propiedades Mecánicas

La resistencia a los impactos y la resistencia a la abrasión son dos de las propiedades más importantes del Polietileno de Ultra Alta Masa. Además, este plástico tiene una alta resistencia a la abrasión, por lo que mantiene una superficie autolubrificante con bajos coeficientes de fricción dinámica y estática. Estos son mucho más bajos que los coeficientes de fricción del acero y la mayoría de los otros plásticos. [19]

| Propiedades                 | unidades | valor     |
|-----------------------------|----------|-----------|
| coeficiente de friccion     |          | 0,1 - 0,2 |
| dureza - Rockwell           |          | R50 -70   |
| modulo de traccion          | (Gpa)    | 0,2 - 1,2 |
| alragamiento a la rotura    | (%)      | 500       |
| resistencia a la traccion   | (MPa)    | 20-40     |
| resistencia al impacto Izod | (Jm-1)   | 1600      |

Tabla 9: Principales propiedades mecánicas del UHMWPE [18]

En la siguiente tabla, puede ver que el plástico es más resistente a la abrasión que el acero al carbono, que es aproximadamente un 60% más resistente a la abrasión.

| Material         | Densidad g/ cm <sup>3</sup> | Perdida relativa en % del material por abrasion |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| UHMWPE           | 0,94                        | 100                                             |
| Acero al carbon  | 7,45                        | 160                                             |
| PA               | 1,15                        | 210                                             |
| PTFE             | 2,26                        | 530                                             |
| Acero inoxidable | 7,85                        | 550                                             |
| PEBD             | 0,92                        | 600                                             |
| PP               | 0,9                         | 660                                             |
| POM              | 1,42                        | 700                                             |
| PMMA             | 1,31                        | 1800                                            |
| PF               | 1,4                         | 2500                                            |
| EP               | 1,53                        | 3400                                            |

Tabla 10: Resistencia a la abrasión UHMWPE [18]

#### 4.1.4.3. Propiedades Eléctricas

El Polietileno de ultra alta masa molecular tiene una resistividad de volumen superior a  $5 \times 10^{14}$  ohm-m lo que lo hace un excelente aislante eléctrico. La resistividad de la superficie puede cambiar con la adición de negro de carbón, como se puede ver en la siguiente tabla.

| Contenido de negro de Humo (% peso) | Resistividad superficial (ohms) |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| 0.2 (Solo Color)                    | $>10^{14}$                      |
| 2.5 (Protección UV)                 | $10^{13}$                       |
| 6.5 (Antiestático)                  | $10^5$                          |
| 16.7 (Conductivo)                   | $10^3$                          |

Tabla 11: Modificación de la resistividad superficial con negro de humo [18]

#### 4.1.4.4. Propiedades térmicas

Este plástico posee características que pueden mantener de 269 °C bajo cero a 90 °C y niveles aún mayores en períodos cortos. Su temperatura de fusión es de 138 a 142 °C,

| Propiedades                                    | Unidades                                                 | Valor     |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| Calor Específico                               | ( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) | 1,9       |
| Conductividad Térmica                          | a23 °C ( $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ )               | 0.42-0.51 |
| Dilatación Térmica                             | ( $\times 10^{-8} \text{K}^{-1}$ )                       | 130-200   |
| Temperatura Máxima de Utilización              | ( °C )                                                   | 55-95     |
| Temperatura de Deflexión en Caliente – 0.45Mpa | ( °C )                                                   | 69        |
| Temperatura de Deflexión en Caliente – 1.8Mpa  | ( °C )                                                   | 42        |

Tabla 12: Principales propiedades térmicas del UHMWPE [18]

#### 4.1.4.5. Propiedades Químicas

La resistencia al ataque de los agentes químicos es excelente, incluyendo a las sustancias más oxidantes.

| Reactivo                 | Resistencia     |
|--------------------------|-----------------|
| Ácidos – concentrados    | Aceptable       |
| Ácidos – diluidos        | Buena           |
| Alcalis                  | Buena           |
| Alcoholes                | Buena           |
| Cetonas                  | Buena           |
| Grasas y Aceites         | Aceptable       |
| Halógenos                | Aceptable-Buena |
| Hidrocarburos Aromáticos | Mala            |

Tabla 13: Principales propiedades químicas del UHMWPE [19]

#### 4.1.5. Polietileno entrecruzado

Además de los tres Polietilenos antes mencionados existe otro que es el Polietileno entrecruzado, que tiene su estructura lineal alterada en forma de red tridimensional entrelazado, similar a la que presentan los plásticos termofijos.

Hay tres formas de entrecruzar el polietileno de baja y alta densidad. Los métodos son los siguientes: peróxido orgánico, inserción de silano y radiación de alta energía.

##### 4.1.5.1. Propiedades del Polietileno entrecruzado

Con su nueva estructura, el material aumenta su resistencia a la deformación bajo cargas dinámicas y su resistencia al agrietamiento por tensión en ambientes corrosivos. También aumenta su resistencia a esfuerzos a bajas temperaturas. La siguiente tabla muestra las principales propiedades

| Propiedad                        | Unidades          | Valor       |
|----------------------------------|-------------------|-------------|
| Densidad                         | G/cm <sup>3</sup> | 0.91 – 1.45 |
| Absorción de Agua                | mg a 96 h         | 0.01 – 0.06 |
| Contracción                      | %                 | 1.5 – 3     |
| Resistencia a la tensión al cede | N/mm <sup>2</sup> | 2130        |
| Elongación Punto de Ruptura      | %                 | 10 – 600    |

Tabla 14: Propiedades del Polietileno entrecruzado

#### 4.1.6. Matriz de Ponderación

El enfoque de esta matriz Pugh parte de la disponibilidad de 4 materiales de polietileno (polietileno de alta densidad, PEAD- APM, **polietileno de ultra alta masa molecular** y el polietileno modificado por entrecruzamiento), los cuales se deben analizar y seleccionar. El procedimiento consiste primero en evaluar los criterios de diseño por su calidad para luego asignarle un ponderado de valor calificativo ya sea con (+) que indica un puntaje (-) que indica 0 puntos. [18].

Para la valoración de las alternativas de solución se evalúa cada una de sus ventajas y desventajas

**Alternativas:**

| <b>Materiales candidatos del proceso de selección</b>                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A:</b> polietileno de alta densidad                                                                |
| <b>B:</b> Polietileno de alta densidad alta masa molecular (PEAD-APM o sus siglas en ingles HMW-HDPE) |
| <b>C:</b> PE 1000 UHMW                                                                                |
| <b>D:</b> Polietileno modificados por entrecruzamiento                                                |

Se utiliza una escala de calificación para visualizar la alternativa que mejor se presenta:

- alta = 3
- buena = 2
- moderada = 1
- Bajo = 0

| <b>Criterio de diseño</b>                | <b>Prioridad</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> |
|------------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Dureza</b>                            | Alta             | Buena    | Alta     | Alta     | Alta     |
| <b>Tenacidad</b>                         | Alta             | Alta     | Alta     | Alta     | Buena    |
| <b>Peso</b>                              | Bajo             | Bajo     | Bajo     | Bajo     | Moderada |
| <b>Resistencia al desgaste corrosivo</b> | moderado         | moderada | Moderado | Alta     | moderado |
| <b>Resistencia a la abrasión</b>         | Moderado         | Bajo     | Alto     | Alta     | Moderada |
| <b>Límite de fluencia</b>                | Baja             | Bajo     | Bajo     | Bajo     | moderado |

| <b>Criterio de diseño</b> | <b>Valor</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> |
|---------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Dureza (HRC)</b>       | 3            | ++       | ++       | +++      | +++      |
| <b>Tenacidad</b>          | 3            | +++      | ++       | +++      | ++       |

| peso                                     | 0 | +  | -   | -         | +   |
|------------------------------------------|---|----|-----|-----------|-----|
| <b>Resistencia al desgaste corrosivo</b> | 1 | +  | +   | +++       | -   |
| <b>Resistencia a la abrasión</b>         | 1 | ++ | ++  | +++       | +++ |
| <b>Limite fluencia</b>                   | 0 | +  | +++ | +         | +   |
| <b>Resultado</b>                         |   | 9  | 10  | <b>13</b> | 10  |

Tabla 15 : matriz de Ponderación

Se evaluaron los parámetros de selección y se encontró que existe diferencia entre las alternativas, siendo la alternativa C (PE 1000 UHMW) la mejor solución para realizar la operación de refuerzo en el acero F24. Esta alternativa es mejor porque tiene una mayor dureza y un sistema más homogéneo, además de más tenacidad.

Además, es una alternativa económicamente buena en comparación con los otros sistemas.

## 4.2. Calcular los esfuerzo, deformaciones y factor de seguridad de la caja compactadora debido a las sollicitaciones externas

### 4.2.1. Parámetros de diseño

Para el análisis estructural de la caja compactadora del camión recolector es necesario mostrar modelo del camión, para ello se seleccionó un Eco Andrés 17/21 de la tecnología sustentable ECONOVO. En la ilustración 16 y 17 se puede apreciar el modelo a estudiar, Para el estudio de los cálculos se dividirá en la caja compactadora (1) y en el depósito (2).



Ilustración 16: Parámetros lateral Posterior del diseño

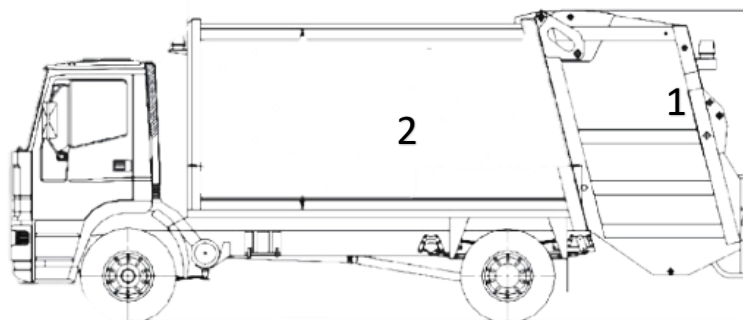


Ilustración 17: Parámetro lateral del camión compactador

## Ficha técnica Econovo 17/21

Para el dimensionamiento se usará la siguiente ilustración 18, la Marca Econovo cuenta con 3 modelos, para este caso utilizaremos el modelo 17 que cuenta con una capacidad útil de  $17m^3$ .

| MODELO ECO ANDRES 17/21           | 15M <sup>3</sup> | 17M <sup>3</sup> | 21M <sup>3</sup> |
|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| A - DISTANCIA ENTRE EJES          | 3700 mm          | 4100/ 4300 mm    | 4800 mm          |
| B - LARGO DEL CONTENEDOR DE CARGA | 3750 mm          | 4350 mm          | 4980 mm          |
| C - ALTO DEL CONTENEDOR DE CARGA  | 2000 mm          | 2000 mm          | 2000 mm          |
| D - LARGO TOTAL EQUIPO            | 5600 mm          | 6200 mm          | 6830 mm          |
| E - ALTO TOTAL EQUIPO             | 3435 mm          | 3435 mm          | 3435 mm          |
| KG DEL EQUIPO                     | 4900 kg          | 5300 kg          | 5600 kg          |

Ilustración 18: ficha técnica de la caja compactadora Econovo

|                            |                                                                                            |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Piso                       | Plancha ASTM A36 Espesor 4.76mm Con durmientes de perfil U de espesor 6.35mm               |
| laterales                  | Plancha ASTM A36 Espesor 4.76mm                                                            |
| Rieles superior e inferior | Fabricados de una sola pieza a todo lo largo de la caja en plancha ASTM A36 Espesor 7.94mm |
| Techo                      | Plancha ASTM A36 Espesor 4.76mm                                                            |

Tabla 16: Materiales que conforman el depósito de la tolva

|                              |                                                                                          |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capacidad del Tailgate       | 2.3m <sup>3</sup>                                                                        |
| laterales                    | Plancha ASTM A36 Espesor 4.76mm con refuerzos verticales y tubos rectangulares soldados. |
| Tolva de recepción de basura | Espesor 6.35mm                                                                           |

Tabla 17: Materiales que conforman la caja del Tailgate

#### 4.2.1.1. Sistema hidráulico

La capacidad de trabajo del sistema hidráulico que contempla la compactadora es de 2500 Psi. Cuenta con la siguiente distribución

| Cantidad | Descripción                                                      |
|----------|------------------------------------------------------------------|
| 1        | Cilindro hidráulico telescópico de tres etapas                   |
| 2        | Cilindros hidráulicos de una etapa y doble acción                |
| 2        | Cilindros hidráulicos de una etapa y doble acción                |
| 2        | Cilindros hidráulicos de una etapa y simple efecto para Tailgate |

Tabla 18: sistema hidráulico del camión compactador

En la siguiente ilustración 19 se puede apreciar el posicionamiento de los cilindros pistón, la zona roja representa el área de ubicación de la basura, en poca palabra indica en ese plano el área de contacto entre la basura y la compactadora.

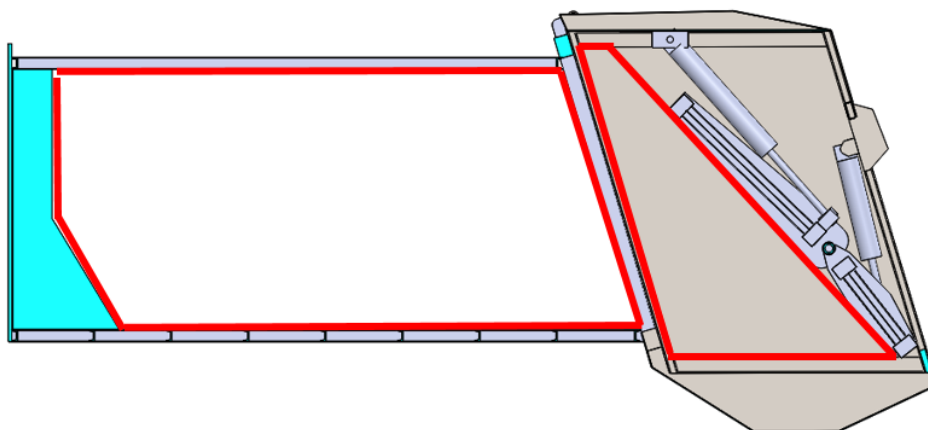


Ilustración 19: Posicionamiento de los cilindros

#### 4.2.2. Análisis estructural con el material original F24 = A36

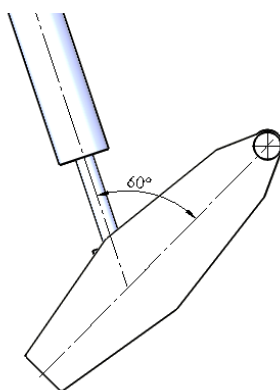
A continuación, se mostrarán los cálculos estructurales a las piezas mostrados anteriormente:

##### 4.2.2.1. Plataforma inferior

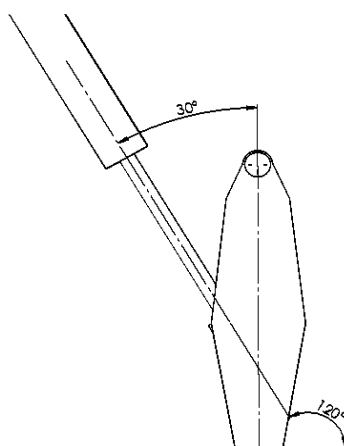
La plataforma inferior conocida como la plataforma de arrastre se encarga de compactar la basura que llega al cajón compactador (esta basura es la que coloca el operario con sus manos al cajón compactador) una vez que este colocada la basura el operador mueve los controles para que comience arrastrar y compactar la basura hasta llevarla al contenedor o depósito.



*Ilustración 20: Plataforma inferior*



*Ilustración 21: instante antes de arrastrar*



*Ilustración 22: instantes después de arrastrar*

## Cálculo de Fuerza de compactación

$$P_{cilindro} = \frac{F_{compactacion}}{A_{piston}}$$

Donde:

$P_{cilindro}$  = Presion max que maneja el cilindro 2500psi (17.23Mpa)

$F_{compactacion}$  = Fuerza de compactacion (N)

$A_{piston}$  = Area del piston ( $mm^2$ )

A continuación, se procede a determinar el área del pistón:

$$A_{piston} = \frac{\pi x \phi^2}{4}$$

$$A_{piston} = \frac{\pi x (101.6mm)^2}{4}$$

$$A_{piston} = 8107.31mm^2$$

Sustituyendo en la ecuación de Presión:

$$17.23 \frac{N}{mm^2} = \frac{F_{compactacion}}{8107.31mm^2}$$

Despejando  $F_{compactacion}$

$$F_{compactacion} = 139\,689.586N$$

Como son 2 cilindro la carga se divide entre 2 quedando de la siguiente manera:

$$F_{compactacion} = 69844.5N$$

### Diagrama de fuerzas

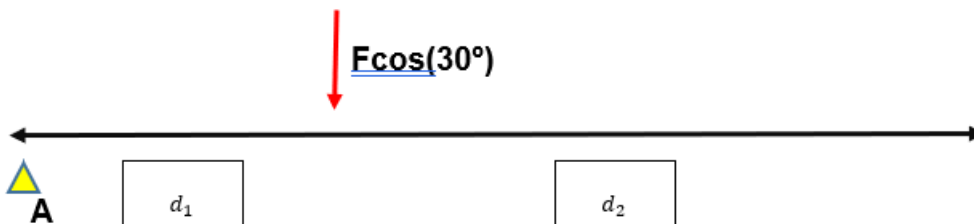


Ilustración 23: Diagrama de fuerzas en la plataforma inferior

Donde:

$$d_1 = 390\text{mm}$$

$$d_2 = 540\text{mm}$$

$$d_{\text{total}} = 930\text{mm}$$

$$F = 139689.586\text{N} * (\cos 30) = 124463.81\text{N}$$

Mediante el cuadro de fórmulas de estructura metálica determinamos momento y cortante máxima.

| <b>VIGA SIMPLE EN VOLADIZO: carga puntual F genérica.</b> |                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           | <b>Reacciones y solicitaciones</b>                                                                                                           |
|                                                           | Reacciones: <span style="float: right;"><math>R_B = F</math></span>                                                                          |
|                                                           | Cortantes: <span style="float: right;"><math>V_{AC} = 0 \quad V_{CB} = -F</math></span>                                                      |
|                                                           | Flectores: <span style="float: right;"><math>M_{AC} = 0 \quad M_{CB} = -F(x-a) \quad M_B = -Fb</math></span>                                 |
|                                                           | <b>Deformaciones</b>                                                                                                                         |
|                                                           | Giros: <span style="float: right;"><math>\varphi_C = \varphi_A = \frac{Fb^2}{2EI}</math></span>                                              |
|                                                           | Elástica: <span style="float: right;"><math>y_{AC} = \frac{Fb^2}{6EI} [3(L-x)-b] \quad y_{CB} = \frac{F}{6EI} (L-x)^2 (2b-a+x)</math></span> |
|                                                           | Flechas: <span style="float: right;"><math>y_C = \frac{Fb^3}{3EI} \quad y_A = \frac{Fb^2}{6EI} (2b+3a)</math></span>                         |

Ilustración 24: formulas de las reacciones y deformaciones

### Cortante Máxima:

$$R_a = F$$

$$R_a = 124463.81\text{N}$$

### Momento Máximo:

$$M_{\text{max}} = F * d_1$$

$$M_{\text{max}} = 124463.81\text{N} * 0.39\text{m}$$

$$M_{\text{max}} = 48540.8\text{Nm}$$

El método ASD de la especificación **70 CMAA** se denominan los factores de seguridad y de reducción, como de muestra a continuación.

Para Flexión

$$\sigma_{adm(t)} = \frac{250Mpa}{1.67} \rightarrow \sigma_{adm(t)} = 150Mpa$$

Siendo 250Mpa el esfuerzo de fluencia del **Acero ASTM A36**

Conociendo el momento máximo aplicamos la ecuación de esfuerzo a flexión

$$\sigma_{Flexion} = \frac{M_{max} * C}{I}$$

**Donde:**

$M_{max}$  = Momento maximo (Nm)

$c$  = Distancia desde el centro de gravedad hasta la fibra mas alejada (m)

$I$  = Inercia de la seccion transversal (m<sup>4</sup>)

Por medio de SolidWorks obtendremos el módulo de sección partiendo de la inercia y el punto C el cual es la distancia desde el centro de gravedad hasta la fibra más alejada.

En la siguiente ilustración 14 puede apreciarse la sección transversal de la plataforma inferior, la línea roja representa el punto C mientras que la inercia se aprecia en la siguiente tabla:

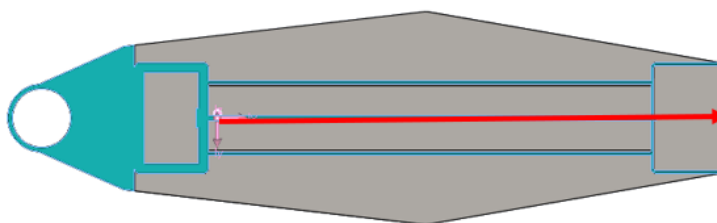


Ilustración 25: sección transversal de la plataforma inferior

C=0.7m

Las medidas están basadas en el modelo seccionado  
Las propiedades de sección de la cara seleccionada de Pieza11

Área = 0.03305612 metros<sup>2</sup>

Centro de gravedad con relación al origen del sistema de coordenadas de salida: ( metros )  
X = 0.81402782  
Y = 0.06225227  
Z = -0.00000439

Momentos de inercia, del área, en el centro de gravedad: ( metros <sup>4</sup> )  
Lxx = 0.00213133      Lxy = -0.00000001      Lxz = -0.00001519  
Lyx = -0.00000001      Lyy = 0.00007494      Lyz = -0.00000005  
Lzx = -0.00001519      Lzy = -0.00000005      Lzz = 0.00206282

Momento polar de inercia, del área, en el centro de gravedad = 0.00213454 metros <sup>4</sup>

Momentos principales de inercia, del área, en el centro de gravedad: ( metros <sup>4</sup> )  
Ix = 0.00007494  
Iy = 0.00205960 ←

Momentos de inercia del área, en el sistema de coordenadas de salida: ( metros <sup>4</sup> )  
LXX = 0.00225943      LXY = 0.00167513      LXZ = 0.00001507  
LYX = 0.00167513      LYY = 0.02197930      LYZ = 0.00000004  
LZX = 0.00001507      LZY = 0.00000004      LZZ = 0.02409528

Tabla 19: inercia en la plataforma inferior

**Sustituyendo:**

$$\sigma_{Flexion} = \frac{M_{max} * C}{I}$$

$$\sigma_{Flexion} = \frac{48540.8Nm * 0.7m}{0.002059}$$

$$\sigma_{Flexion} = 16502457.5Pa = 16.50Mpa$$

La fuerza aplicada genera una cortante el cual se determina de la siguiente manera:

$$\tau_{cortante} = \frac{F}{A}$$

Donde:

$F =$  Fuerza aplicada (N)

$Area =$  Area transversal (m<sup>2</sup>)

Sustituyendo:

$$\tau_{cortante} = \frac{124463.81N}{0.033m^2}$$

$$\tau_{cortante} = 3771630Pa = 3.77Mpa$$

Obtenidos los 2 esfuerzos procedemos a calcular el esfuerzo Von Mises.

$$\sigma_{von} = \sqrt{\sigma_{Flexion}^2 + 3\tau_{cortante}^2}$$

$$\sigma_{von} = \sqrt{(16.49Mpa)^2 + 3(3.77Mpa)^2}$$

$$\sigma_{von} = \sqrt{314.55Mpa}$$

$$\sigma_{von} = 17.73Mpa$$

Factor de seguridad:

$$f_s = \frac{\sigma_{admisible}}{\sigma_{trabajo}}$$

$$f_s = \frac{150Mpa}{17.73Mpa}$$

$$f_s = \frac{150Mpa}{17.73Mpa}$$

$$f_s = 8.46$$

#### 4.2.2.2. Plataforma superior

La plataforma superior cuenta en un extremo con 2 cilindros pistón mientras que en el otro extremo con 2 vigas que sujetan la plataforma, dicha plataforma se encarga de trasladar de un punto a otro a la plataforma inferior, una vez que la plataforma se encuentra en la posición de la siguiente imagen, la plataforma inferior empieza arrastrar la basura para luego la plataforma superior se regresa a su punto inicial para así llevar la basura al depósito.

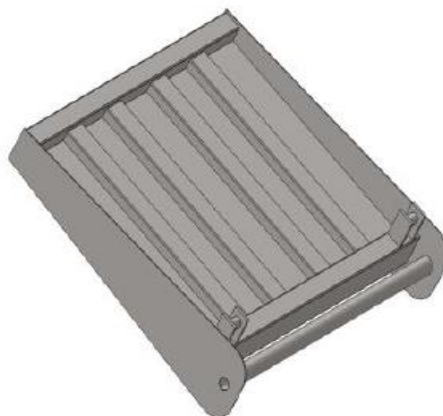


Ilustración 26: Plataforma superior

A continuación, se indicará los cálculos estructurales a las piezas mostrados anteriormente.

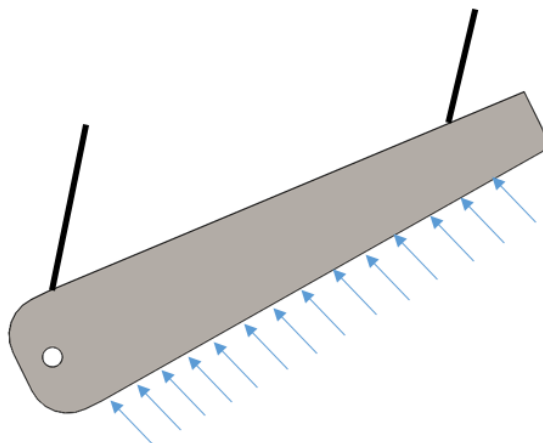


Ilustración 27: plataforma superior

Esto quiere decir que la plataforma superior se queda sin movimiento mientras espera que la plataforma inferior arrastre la basura, como desconocemos que fuerza genera la basura contra la plataforma superior al momento de ser compactada por la basura inferior, se procederá a calcular cuánto sería la fuerza máxima a resistir ya que conocemos la geometría de la plataforma.

### Diagrama de fuerzas

Los extremos lo supondremos como extremos fijos, mientras, que la cara que está en contacto con la basura, será la fuerza a determinar. De manera que esta fuerza nos contribuya al estudio del nuevo material.

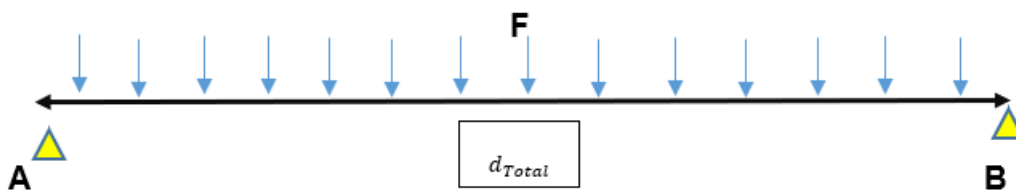


Ilustración 28: Diagrama de fuerzas en la hoja superior

Donde:

$$d_{total} = 1495\text{mm (1.49m)}$$

F = A determinar

Mediante el formulario de estructura metálica determinamos momento y cortante máxima

**VIGA SIMPLE APOYADA: carga uniforme  $q$  en todo el vano.**

| <b>Reacciones y solicitaciones</b> |                                                                                                      |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reacciones:                        | $R_A = R_B = \frac{qL}{2}$                                                                           |
| Cortantes:                         | $V_{AB} = q \left( \frac{L}{2} - x \right) \quad V_A = -V_B = \frac{qL}{2}$                          |
| Flectores:                         | $M_{AB} = \frac{qx}{2}(L-x)$<br>$M_{\text{máx}} = \frac{qL^2}{8} \quad \text{para } x = \frac{L}{2}$ |
| <b>Deformaciones</b>               |                                                                                                      |
| Giros:                             | $\varphi_A = -\frac{qL^3}{24EI} \quad \varphi_B = \frac{qL^3}{24EI}$                                 |
| Elástica:                          | $y_{AB} = \frac{qx}{24EI}(x^3 - 2Lx^2 + L^3)$                                                        |
| Flecha máxima:                     | $y_{\text{máx}} = \frac{5qL^4}{384EI} \quad \text{para } x = \frac{L}{2}$                            |

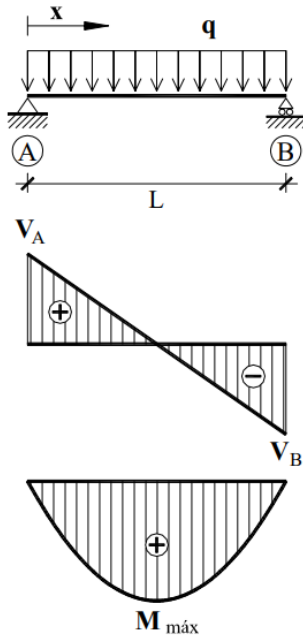


Ilustración 29: fórmulas para cargas distribuidas en la hoja superior

**Cortante Máxima:**

$$R_a = R_a = \frac{F * d_{\text{total}}}{2}$$

**Momento Máximo:**

$$M_{\text{max}} = \frac{F * d_{\text{total}}^2}{8}$$

El método ASD de la especificación **70 CMAA** se denominan los factores de seguridad y de reducción, como de muestra a continuación.

**Para Flexión**

$$\sigma_{adm(t)} = \frac{250Mpa}{1,67} \rightarrow \sigma_{adm(t)} = 150Mpa$$

Siendo 250Mpa el esfuerzo de fluencia del Acero ASTM A36

Conociendo el momento máximo aplicamos la ecuación de esfuerzo a flexión

$$\sigma_{Flexion} = \frac{M_{max} * C}{I}$$

**Donde:**

$M_{max}$  = Momento máximo (Nm)

$c$  = Distancia desde el centro de gravedad hasta la fibra más alejada (m)

$I$  = Inercia de la sección transversal (m<sup>4</sup>)

Por medio de SolidWorks obtendremos el módulo de sección partiendo de la inercia y el punto C el cual es la distancia desde el centro de gravedad hasta la fibra más alejada.

En la siguiente imagen puede apreciarse la sección transversal de la plataforma inferior, la línea roja representa el punto C mientras que la inercia se aprecia en la siguiente tabla.

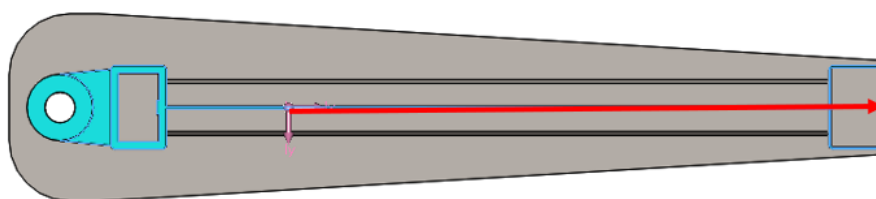


Ilustración 30: sección transversal de la plataforma superior

$C=1.3m$

| Las medidas están basadas en el modelo seccionado                                          |                  |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| Las propiedades de sección de la cara seleccionada de Plataforma superior                  |                  |                  |
| Área = 0.02811592 metros <sup>2</sup>                                                      |                  |                  |
| Centro de gravedad con relación al origen del sistema de coordenadas de salida: ( metros ) |                  |                  |
| X = 0.66921614                                                                             |                  |                  |
| Y = 0.85848945                                                                             |                  |                  |
| Z = 0.00000000                                                                             |                  |                  |
| Momentos de inercia, del área, en el centro de gravedad: ( metros ^ 4 )                    |                  |                  |
| Lxx = 0.00854018                                                                           | Lxy = 0.00392286 | Lxz = 0.00000000 |
| Lyx = 0.00392286                                                                           | Lyy = 0.00598599 | Lyz = 0.00000000 |
| Lzx = 0.00000000                                                                           | Lzy = 0.00000000 | Lzz = 0.01443753 |
| Momento polar de inercia, del área, en el centro de gravedad = 0.01443753 metros ^ 4       |                  |                  |
| Ángulo entre ejes principales y ejes de pieza = 125.98361966 °                             |                  |                  |
| Momentos principales de inercia, del área, en el centro de gravedad: ( metros ^ 4 )        |                  |                  |
| Ix = 0.0031379                                                                             |                  |                  |
| Iy = 0.01138859                                                                            |                  |                  |
| Momentos de inercia del área, en el sistema de coordenadas de salida: ( metros ^ 4 )       |                  |                  |
| LXX = 0.02926172                                                                           | LXY = 0.01223016 | LXZ = 0.00000000 |
| LYX = 0.01223016                                                                           | LYY = 0.01857771 | LYZ = 0.00000000 |
| LZX = 0.00000000                                                                           | LZY = 0.00000000 | LZZ = 0.04775080 |

Tabla 20: inercia en la plataforma superior

**Sustituyendo:**

$$\sigma_{Flexion} = \frac{M_{max} * C}{I}$$

$$150Mpa = \frac{M_{max} * 1.3m}{0,003m^4}$$

$$M_{max} = 321428.5Nm$$

Momento máximo que puede soportar la plataforma superior partiendo de un esfuerzo admisible de 150Mpa.

Para determinar la fuerza distribuida a aplicamos la ecuación de momento máxima

$$M_{max} = \frac{F * (1.49m)^2}{8}$$

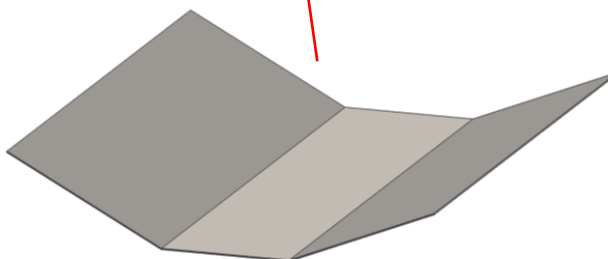
$$321428.5Nm = \frac{F * (1.49m)^2}{8}$$

$$F = 1142857,14 \frac{N}{m}$$

#### 4.2.2.3. Depósito de la caja de compactación

Para la caja de compactación se analizará solo la superficie de la parte de abajo el cual es la que se encontrara más esforzada y es la zona donde más se deteriora la caja compactadora.

En la siguiente imagen se puede apreciar la zona de la compactadora para analizar.



*Ilustración 31: planchas del depósito de la caja de compactación*

Usaremos la carga de  $139\,689,586\text{N}$  esta carga la dividiremos entre 3 ya que dicha carga se posicionará en las 3 caras de la superficie quedando la carga en cada superficie de  $4\,6563\text{ N}$ .

Mediante el compendio de cálculo estructural II FCEfyN-Unc se determinará la **carga crítica el cual será comparado con la carga aplicada**.

En la siguiente figura se muestra una de las 3 superficies el cual se representará de la siguiente manera.

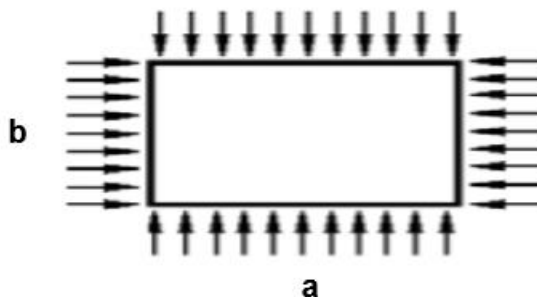


Ilustración 32: Puntos críticos para realizar los Análisis

A continuación, se realizarán los cálculos estructurales a las piezas mostrados anteriormente:

Para determinar la “P” crítica se aplicará la siguiente ecuación:

$$P_{cri} = K * \frac{\pi^2 * D}{b}$$

Donde:

$K =$  *coeficiente de pandeo para carga compresiva  
segun la condicion de borde*

$$b = 1062\text{mm}$$

$$a = 2330\text{mm}$$

Donde D es:

$$D = \frac{E h^3}{12(1 - \nu^2)}$$

$h =$  *Espesor*

$\nu =$  *Coficiente de poisson*

$E =$  *Modulo de eleasticidad*

Donde K se determinará de la siguiente manera:

$$K = \frac{\left[ \left( m \frac{b^2}{a} \right) + n^2 \right]^2}{\left( m \frac{b}{a} \right)^2 + Rn^2}$$

Donde R

$$R = \frac{b}{a}$$

m y n se obtienen por tanteo

**Para el acero se tomarán los siguientes datos:**

$$\nu = 0.3$$

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

Sabiendo que:

$$h = 0.8 \text{ cm}$$

$$b = 10,6 \text{ cm}$$

$$a = 23.3 \text{ cm}$$

Sustituyendo para obtener D :

$$D = \frac{\frac{2100000 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * 0.8 \text{ cm}^3}{12(1 - 0.3^2)}$$

$$D = 98461,53$$

Sustituyendo para obtener R:

$$R = \frac{10.6}{23.3} = 0.45$$

Sustituyendo para el valor de K

$$K = \frac{\left[ \left( m \frac{10.6}{23.3} \right)^2 + n^2 \right]^2}{\left( m \frac{10.6}{23.3} \right)^2 + 0.45n^2}$$

Cuando m y n equivalen a 1

$$K = 2.21$$

Cuando m=1 y n equivale a 2

$$K = 8.79$$

Escogemos el valor menor:

Con el valor de D y K sustituimos en la ecuación de la carga crítica.

$$P_{cri} = K * \frac{\pi^2 * D}{b}$$

Para el valor de k

$$P_{cri} = 2.21 * \frac{\pi^2 * 98461.53Kg * cm}{10.6cm}$$

$$P_{cri} = 202606.21kGf$$

$$P_{cri} = 202606.21N$$

### **Análisis estructural con el material propuesto PE 1000 UHMW**

El material a utilizar para el recubrimiento es un polietileno PE 1000 el cual cuenta con las siguientes características mecánicas.

| PROPIEDADES                               | Metodos de ensayo ISO/(IEC) | Unidades          | Valores     |
|-------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------|
| Color                                     | Natural                     | Blanco            | Negro/Verde |
| Densidad                                  | 1183                        | g/cm <sup>3</sup> | 0,93        |
| Absorcion de agua hasta saturaciona 23° C | -----                       | %                 | 0,01        |
| Peso molecular                            | 10 <sup>6</sup> g/mol       | %                 | 4,5         |
| PROPIEDADES MECANICAS A 23°C              |                             |                   |             |
| <b>Ensayo de tracción</b>                 |                             |                   |             |
| -esfuerzo en el punto de fluencia         | 527                         | MPa               | 19          |
| -elongacion en el punto de fluencia       | 527                         | %                 | 15          |
| -elongación nominal a la rotura           | 527                         | %                 | >50         |
| -modulo de elasticidad                    | 527                         | MPa               | 750         |
| <b>Ensayo de compresion</b>               |                             |                   |             |
| -esfuerzo al 1/2/5% de deformación        | 604                         | MPa               | 4,5/8/14    |
| Resistencia al impacto Charpy-sin entalla | 179/1eU                     | kJ/m2             | SR          |
| Resistencia al impacto Charpy-con entalla | 179/1eU                     | kJ/m2             | 110P        |
| Resistencia al impacto Izod- con entalla  | 180/2A                      | kJ/m2             | ≥170        |
| Dureza con bola                           | 2039-1                      | N/mm2             | 36          |
| Dureza Shore D (3/15 s)                   | 868                         |                   | 62/60       |

Tabla 21: propiedades mecánicas del nuevo material para las laminas

#### 4.2.2.4. Plataforma inferior modificado

A continuación, se presentan las geometrías de las láminas que plantean el nuevo rediseño.



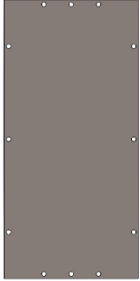
| Estructura                                                                          | Dimensiones             | Área de la sección transversal       | Peso         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------|
|  | <b>210mmx600mmx16mm</b> | <b><math>9,6 * 10^{-3}m^2</math></b> | <b>1,8Kg</b> |
|  | <b>250mmx600mmx16mm</b> | <b><math>9,6 * 10^{-3}m^2</math></b> | <b>2,2Kg</b> |
|  | <b>295mmx600mmx16mm</b> | <b><math>9,6 * 10^{-3}m^2</math></b> | <b>2,6Kg</b> |

Tabla 22: Geometrías de la laminas para plataforma inferior

se determinará el esfuerzo de compresión de cada lámina partiendo de la suposición de que la carga de compactación el cual es 139 689,586N será dividida entre las 5 láminas que contemplan la plataforma inferior. El esfuerzo del punto de fluencia del material es de 19 MPA.

$$\sigma_{compresion} = \frac{F}{A}$$

Donde:

$$F = \text{Fuerza de compactacion} \left( \frac{139689,586N}{5} \right) = 27937,916N$$

Sustituyendo:

$$\sigma_{compresion} = \frac{27937,916N}{9,6 * 10^{-3}m^2}$$

$$\sigma_{compresion} = 2910199.58Pa$$

$$\sigma_{compresion} = 2.91MPa$$

**Factor de seguridad:**

$$F_{Seguridad} = \frac{\sigma_{Material}}{\sigma_{Trabajo}}$$

$$F_{Seguridad} = \frac{19Mpa}{2,91MPa}$$

$$F_{Seguridad} = 6,52$$

Anteriormente se determinó el esfuerzo para toda la sección ya que era de un solo material, por lo tanto repetiremos el procedimiento anterior pero con la lámina que se encuentra actualmente el cual es de 4 mm y es de ASTM A36.

| Dimensiones     | Área de la sección transversal | Peso   |
|-----------------|--------------------------------|--------|
| 210mmx600mmx4mm | $2,4 * 10^{-3}m^2$             | 3,92Kg |

$$\sigma_{compresion} = \frac{F}{A}$$

Donde:

$$F = \text{Fuerza de compactacion} \left( \frac{139689,586N}{5} \right) = 27937.916N$$

Sustituyendo:

$$\sigma_{compresion} = \frac{27937.916N}{2.4 * 10^{-3}m^2}$$

$$\sigma_{compresion} = 11640795.83Pa$$

$$\sigma_{compresion} = 11,64MPa$$

#### 4.2.2.5. Plataforma superior modificado

A continuación, se presentan las geometrías de las láminas que plantean el nuevo rediseño.




| Estructura                                                                          | Dimensiones       | Área de la sección transversal | Peso  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------|
|  | 1200mmx325mmx16mm | 0,0192m <sup>2</sup>           | 5,7Kg |
|  | 1200mmx250mmx16mm | 0,0192m <sup>2</sup>           | 4,4Kg |
|  | 1200mmx295mmx16mm | 0,0192m <sup>2</sup>           | 5,2Kg |

Tabla 23: Geometrías de las láminas para plataforma superior

se determinará el esfuerzo de compresión de cada lámina partiendo de la suposición de que la carga de compactación el cual es 1 142 857,14 será dividida entre las 5 láminas que contemplan la plataforma inferior. El esfuerzo del punto de fluencia del material es de 19MPa.

$$\sigma_{compresion} = \frac{F}{A}$$

Donde:

$$F = \text{Fuerza de compactacion} \left( \frac{1142857.14}{5} \right) = 228\,571.4N$$

Sustituyendo:

$$\sigma_{compresion} = \frac{228571.4N}{0,0192m^2}$$

$$\sigma_{compresion} = 11904760,42Pa$$

$$\sigma_{compresion} = 11,90MPa$$

**Factor de seguridad:**

$$F_{Seguridad} = \frac{\sigma_{Material}}{\sigma_{Trabajo}}$$

$$F_{Seguridad} = \frac{19Mpa}{11,90MPa}$$

$$F_{Seguridad} = 1,59$$

Anteriormente se determinó el esfuerzo para toda la sección ya que era de un solo material, por lo tanto repetiremos el procedimiento anterior pero con la lámina que se encuentra actualmente el cual es de 5mm y es de ASTM A36.

| Dimensiones      | Área de la sección transversal | Peso   |
|------------------|--------------------------------|--------|
| 1200mmx250mmx5mm | $6 \times 10^{-3} m^2$         | 11,7Kg |

$$\sigma_{compresion} = \frac{F}{A}$$

Donde:

$$F = \text{Fuerza de compactacion} \left( \frac{1142857.14}{5} \right) = 228571,4N$$

Sustituyendo:

$$\sigma_{compresion} = \frac{228571.4N}{6 \times 10^{-3} m^2}$$

$$\sigma_{compresion} = 38095233.33Pa$$

$$\sigma_{compresion} = 38,0MPa$$

#### 4.2.2.6. Depósito de la caja de compactación modificado

Determinaremos al nuevo material cómo se comporta el esfuerzo aplastamiento.

$$\sigma_{compresion} = \frac{F}{A}$$

Donde:

$$F = \text{Fuerza de compactacion} = 139\,689,586N$$

$$F = \text{Area} = a * e = 2.33m * 0.01m$$

$$F = \text{Area} = 0.0233$$

Sustituyendo:

$$\sigma_{compresion} = \frac{139\,689,586N}{0,0233}$$

$$\sigma_{compresion} = 5995261.88Pa$$

$$\sigma_{compresion} = 5,99MPa$$

**Factor de seguridad:**

$$F_{Seguridad} = \frac{\sigma_{Material}}{\sigma_{Trabajo}}$$

$$F_{Seguridad} = \frac{19Mpa}{5.99MPa}$$

$$F_{Seguridad} = 3,166$$

### Análisis de carga crítica para la plancha de atm A36 de espesor 5mm

En la siguiente figura se muestra una de las 3 superficies el cual se representará de la siguiente manera.

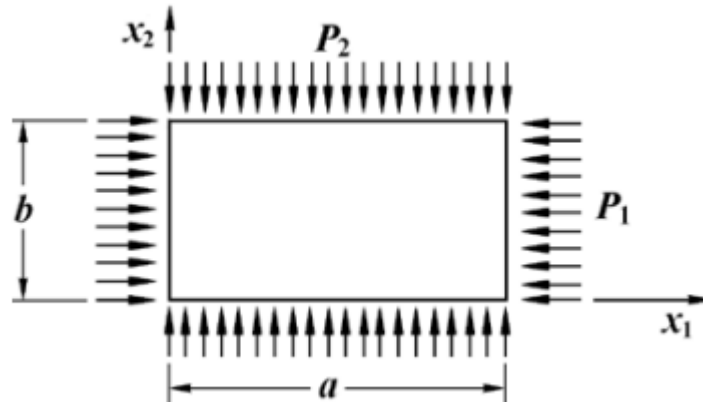


Ilustración 33: cargas críticas para el nuevo material

Para determinar la P crítica se aplicará la siguiente ecuación:

$$P_{cri} = K * \frac{\pi^2 * D}{b}$$

Donde:

$$b = 1062mm$$

$$a = 2330mm$$

Donde D es:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \nu^2)}$$

$h$  = Espesor

$\nu$  = Coeficiente de poisson

$E$  = Modulo de elasticidad

Donde K se determinará de la siguiente manera:

$$K = \frac{\left[ \left( m \frac{b^2}{a} \right) + n^2 \right]^2}{\left( m \frac{b}{a} \right)^2 + Rn^2}$$

Donde R

$$R = \frac{b}{a}$$

m y n se obtienen por tanteo

**Para el acero se tomarán los siguientes datos:**

$$v = 0.3$$

$$E = 2100000 \text{ kgf/cm}^2$$

Sabiendo que:

$$h = 0.4 \text{ cm}$$

$$b = 10.6 \text{ cm}$$

$$a = 23.3 \text{ cm}$$

Sustituyendo para obtener D:

$$D = \frac{\frac{2100000 \text{ kgf}}{\text{cm}^2} * (0.5 \text{ cm})^3}{12(1 - 0.3^2)}$$

$$D = 24038.46.6$$

Sustituyendo para obtener R:

$$R = \frac{10.6}{23.3} = 0.45$$

Sustituyendo para el valor de K

$$K = \frac{\left[ \left( m \frac{10.6}{23.3} \right)^2 + n^2 \right]^2}{\left( m \frac{10.6}{23.3} \right)^2 + 0.45n^2}$$

Cuando m y n equivalen a 1

$$K = 2.21$$

Cuando m =1 y n equivale a 2

$$K = 8.79$$

Escogemos el valor menor:

Con el valor de D y K sustituimos en la ecuación de la carga crítica.

$$P_{cri} = K * \frac{\pi^2 * D}{b}$$

Para el valor de k :

$$P_{cri} = 2.21 * \frac{\pi^2 * 12307.6Kg * cm}{10.6cm}$$

$$P_{cri} = 49464.40kGf$$

$$P_{cri} = 49464.40N$$

$$P_{cri} = 49464.40N \geq 46563N$$

La carga crítica es mayor que la carga de trabajo a continuación se determinara los esfuerzos de flexión y desplazamiento mediante el software de SolidWorks.

$$P_{cri} = 49464.40N \geq 46563N$$

### **4.3. Realizar la simulación estructural en la caja compactadora mediante el software SolidWorks**

#### **4.3.1. Modelo 3D de las zonas a tratar**

Por medio del software de diseño SolidWorks se procederá a modelar en 3D las piezas del equipo partiendo de la información dada anteriormente, es importante acotar que se modelara lo más similar posible debido a que no se tienen los planos al detalle. La intención de modelar 3D es para determinar cómo se comporta los materiales del depósito y la sección de compactación para luego suministrar el nuevo material.

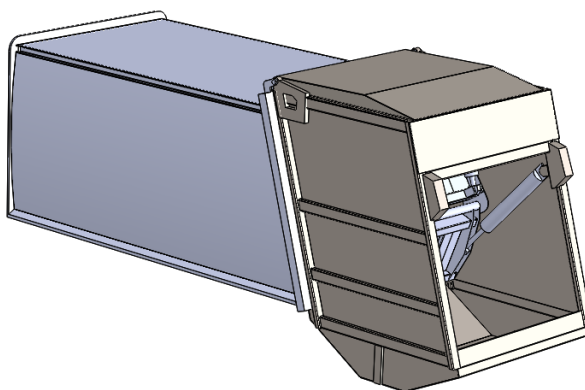
A continuación, se muestran las partes que conforman el sistema de compactación:



*Ilustración 34: Partes que conforman el proceso de compactación*



*Ilustración 35: caja del depósito de la compactación*



*Ilustración 36: conjunto modelo 3D*

### 4.3.2. Resultados del análisis estructural Hoja inferior F24 - A36

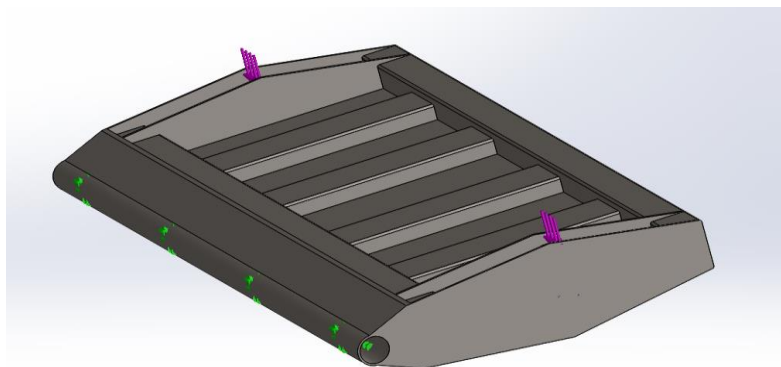


Ilustración 37: Partes donde se aplica las cargas

Se procede luego con la verificación de resultados por el método de elementos finitos, se aplica la sujeción a la plataforma inferior (los puntos color verde) y también se le aplica la fuerza en la parte de los laterales.

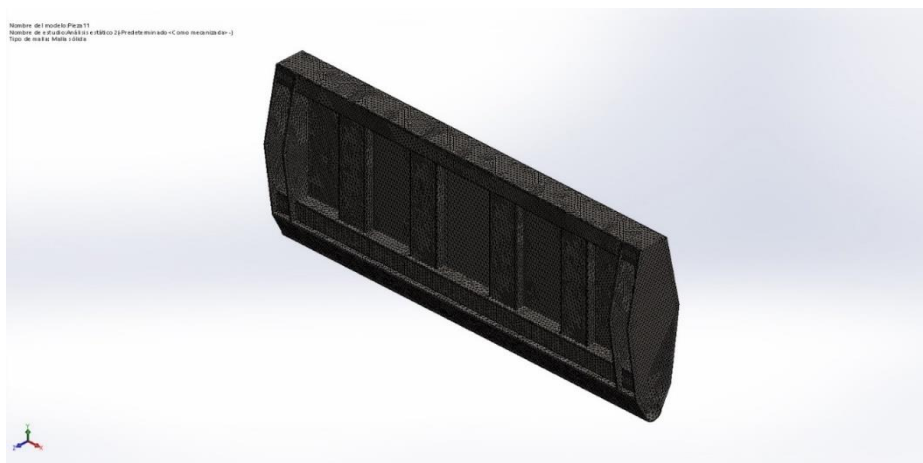


Ilustración 38: Mallado completo a la hoja inferior

Se aplico un mallado muy fino para saber en cuantas secciones se esta compartiendo el modelo para analizar cada uno de estos nodos y así encontrar los esfuerzo máximos. De esta manera se obtiene lo cálculos lo mas exacto posible.

| Parametros                  |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Tipo de malla               | malla solida                       |
| mallada utilizado:          | malla basada en curvatura          |
| puntos jacobianos           | 4 puntos                           |
| tamaño maximo de elemento   | 143,723                            |
| tamaño minimo de elemento   | 28,7746                            |
| Trazado de calidad de malla | elemneto cuadraticos de alto orden |
| Nro total de nodos          | 387325                             |
| Nro total de elementos      | 26,433                             |

Tabla 24: características del mallado de la hoja inferior

### 4.3.2.1. Resultados de la simulación

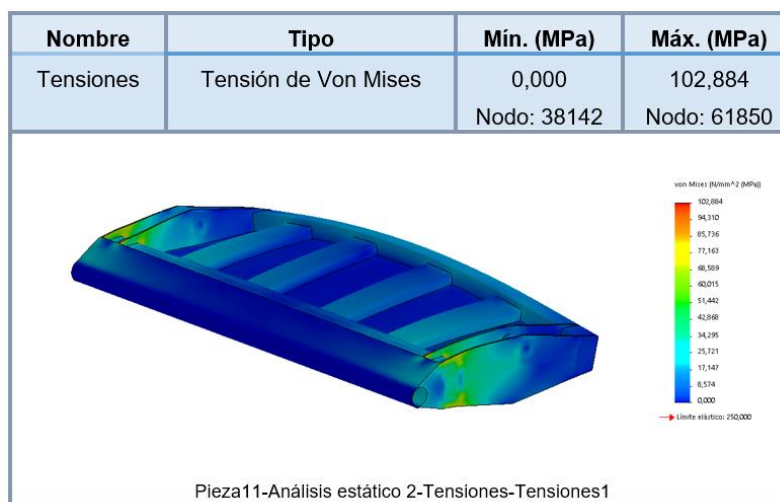


Ilustración 39: Tensiones de Von Mises

En esta simulación se puede ver los resultados de las tensiones de Von mises aplicado a la plataforma inferior dando como máximo 102,884 MPa en comparación con los resultados teóricos que es de 17MPa ; esta gran diferencia se da porque el programa hace calculo con esfuerzos máximo que en lo cálculos matemáticos no se ven ya que se toma el esfuerzo admisible .

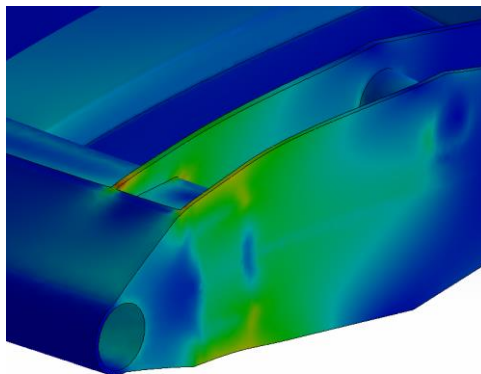
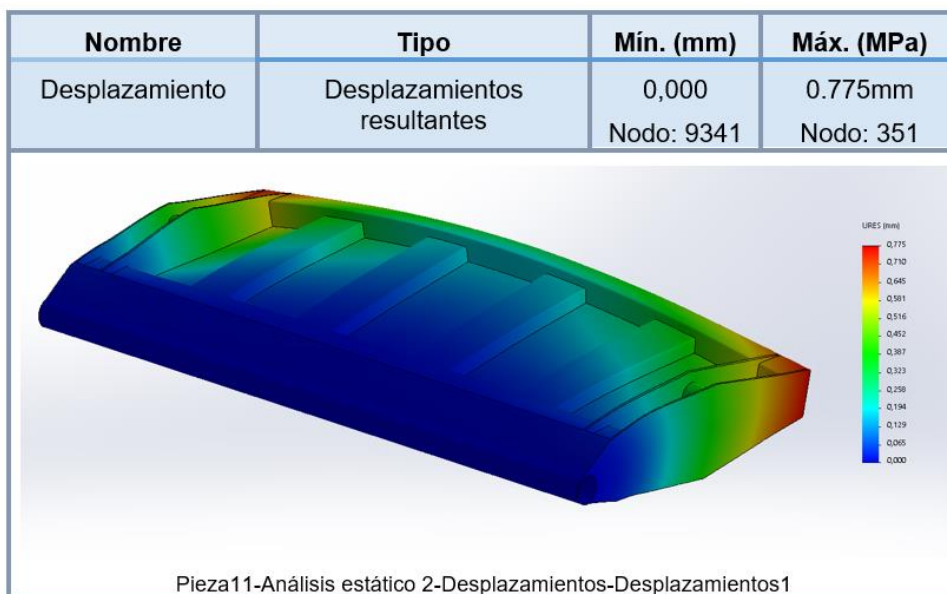


Ilustración 40: zona donde hay mayor tensión

En esta zona es donde se observa el esfuerzo mínimo que a pesar de todo es una parte que está ubicado en lado más robusto de la estructura donde no hay mucho contacto con la basura y que tiende a suceder por la ubicación de los pistones .



Pieza11-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

Ilustración 41: Resultados de desplazamiento

En los desplazamientos los resultados son muy favorable ya que es mínimo y no se logrará evidenciar mucho en la estructura.

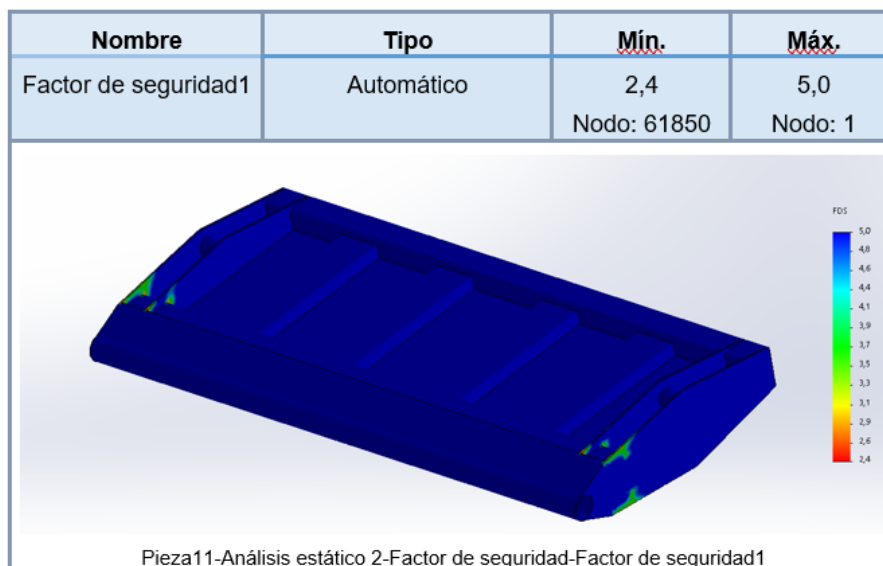


Ilustración 42: factor de seguridad en la hoja superior

En factor de seguridad como máximo es de 5 y el mínimo es de 2.4 muy parecido al resultado que obtuvo en el cálculo teórico, en esta parte se puede apreciar que en la imagen casi toda la parte azul ofrece un factor confiable para la estructura.

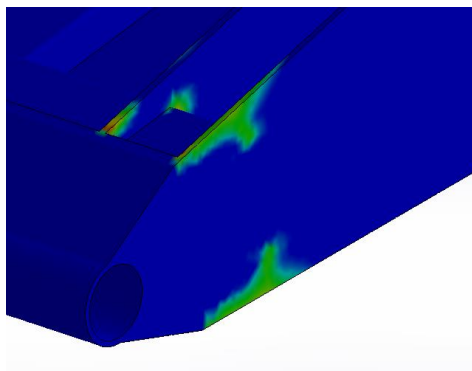


Ilustración 43: zona donde hay menor factor de seguridad

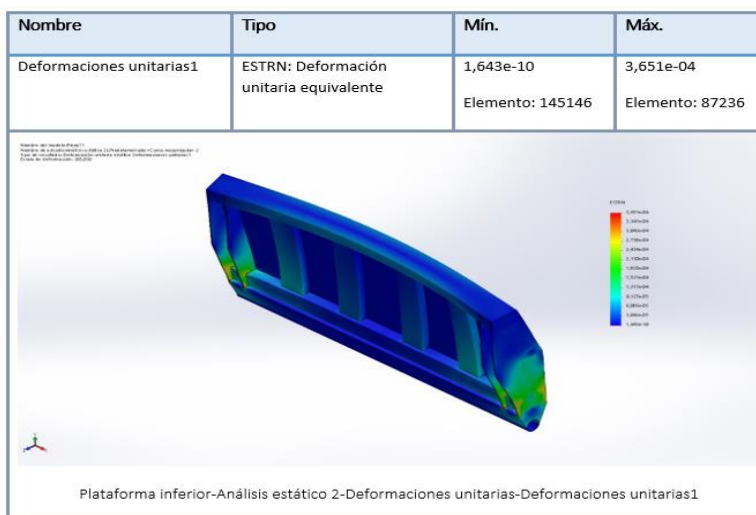


Ilustración 44: Deformaciones unitarias de la plataforma inferior

### 4.3.3. Resultados del análisis estructural Hoja superior F24 - A36

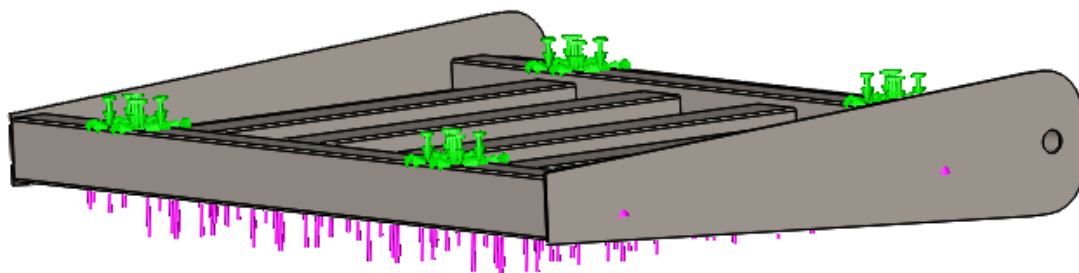


Ilustración 45: Análisis de elementos finitos

Se procede entonces aplicando las fijación y la fuerzas en la estructura de acuerdo a los cilindros hidráulicos para luego poder ver los resultados de la simulación



Ilustración 46: Mallado completo de la hoja superior

Se aplica un mallado muy fino para poder ver luego los esfuerzos y desplazamiento máximos en toda la estructura de un manera que sea mas exacto en sus cálculos

| Parametros                  |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Tipo de malla               | malla solida              |
| mallada utilizado:          | malla basada en curvatura |
| puntos jacobianos           | 4 puntos                  |
| Tamaño maximo de elemento   | 111,917                   |
| Tamaño minimo de elemento   | 22,3834                   |
| Trazado de calidad de malla | elemneto cuadraticos      |
| Nro total de nodos          | 89521                     |
| Nro total de elementos      | 46545                     |

Tabla 25: características del mallado en la hoja superior

### 4.3.3.1. Resultados de la Simulation

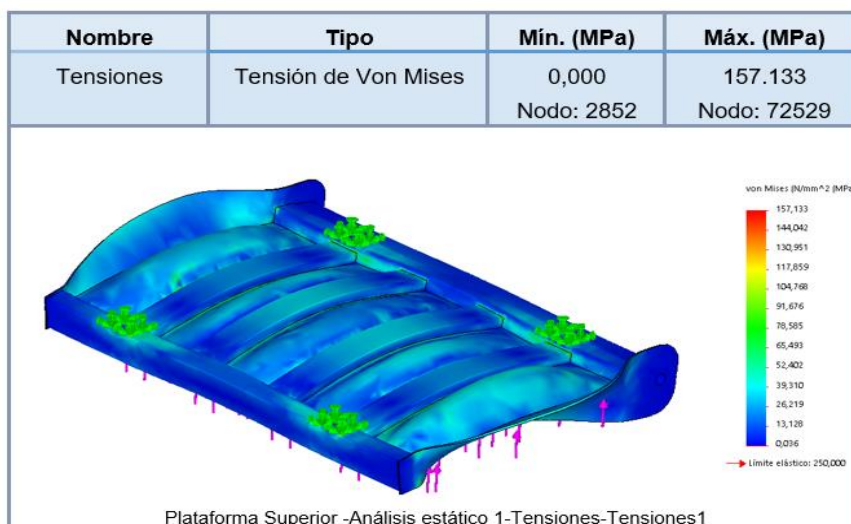


Ilustración 47: Tensiones de Von mises en la hoja superior

Según los resultados en la simulación el esfuerzo máximo de trabajo es de 157,133 MPa casi muy parecido a que se determino en el cálculo teórico pero que en este caso el SolidWorks toma un esfuerzo admisible 250MPa

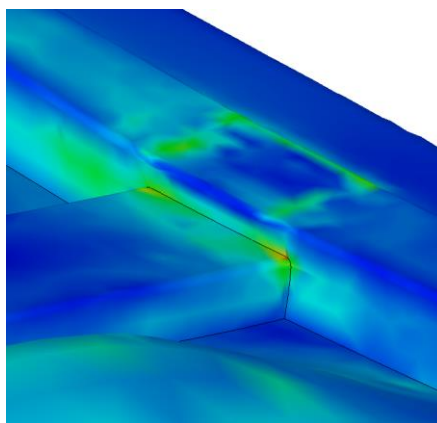


Ilustración 48: zona donde hay mayores tensiones

En esta zona es donde se da mayor concentración tensión de toda la estructura de acuerdo a lo resultados obtenidos

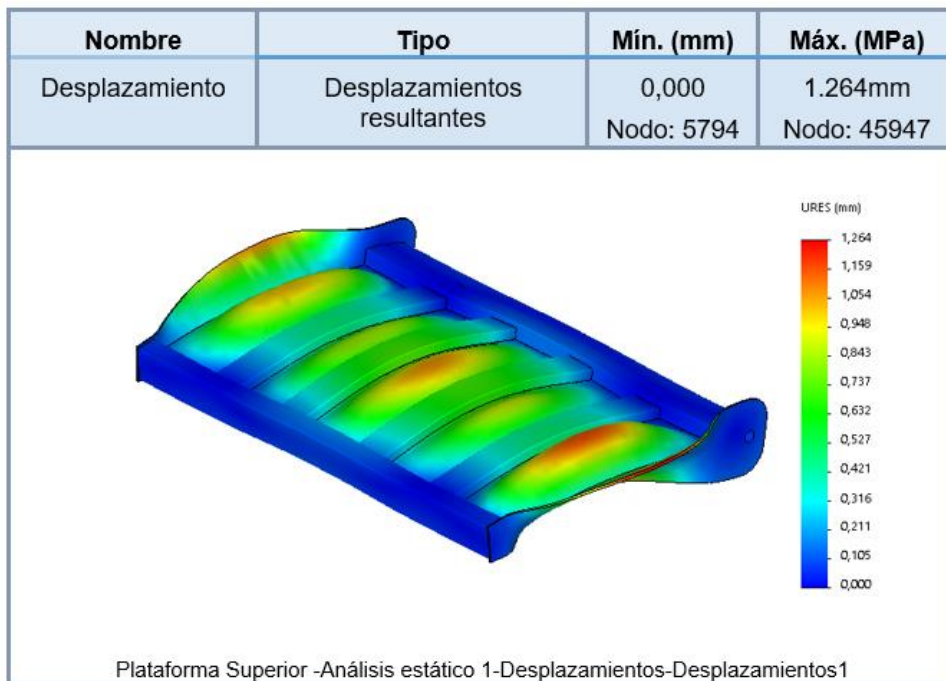


Ilustración 49: Desplazamientos en la plataforma superior

En cuanto a los desplazamientos se da como máximo de 1,264 mm siendo ya esta la zona de mayor contacto con la basura pero tomando como una situación de esfuerzo alto ; que probablemente no ocurra en el sistema .

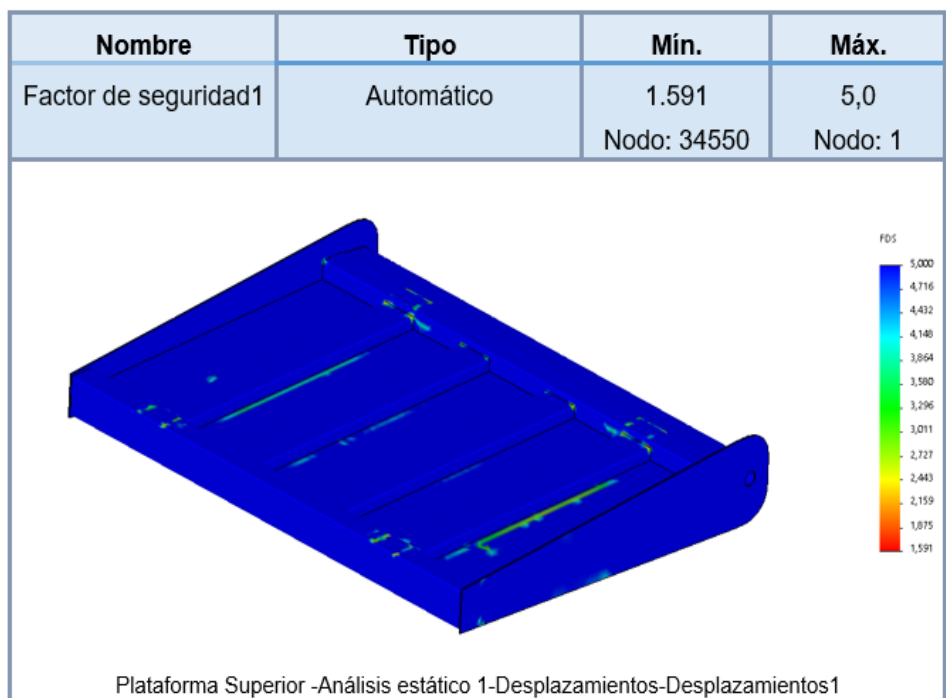


Ilustración 50: Factor de seguridad en la hoja superior

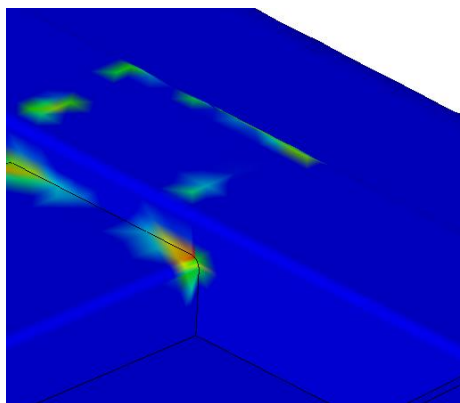


Ilustración 51: Zona de menor factor de seguridad en la hoja superior

En cuanto al factor de seguridad se da como mínimo de 1.59 (**zona amarilla con roja**) y como máximo 5 (**zona azul**) que es la parte donde esta el concentrador de esfuerzo según se observa en la imagen, lo cual es como resultados de un caso extremos pero poco probable que ocurra a la estructura; dado que compactadora mayormente comprime residuo orgánicos.

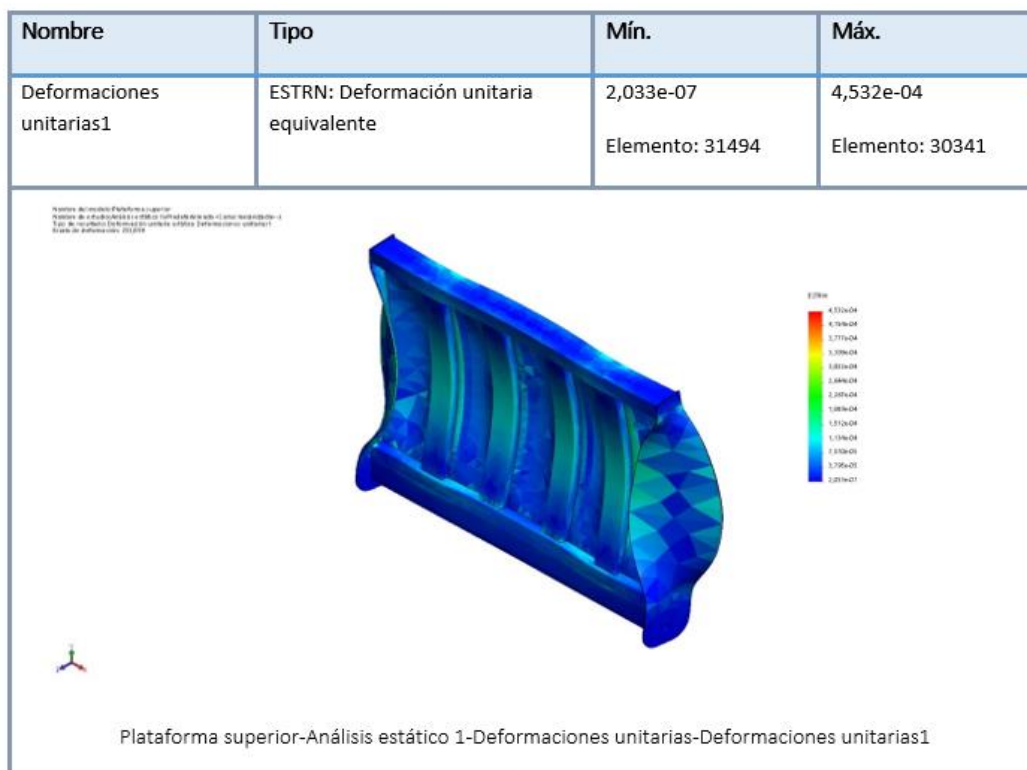


Ilustración 52: Deformaciones unitarias de plataforma superior

#### 4.3.4. Resultados del análisis estructural del depósito de compactación F24 - A36

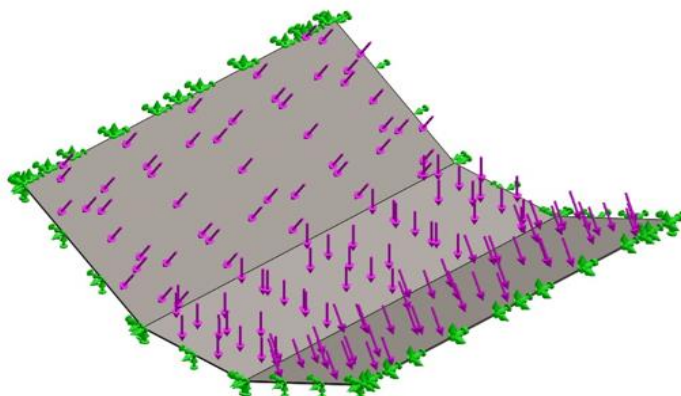


Ilustración 53: Análisis de elementos finitos

De igual manera en el depósito de compactación se le aplica las cargas las sujeciones para luego aplicarle un mallado fino y así obtener los resultados estructurales .

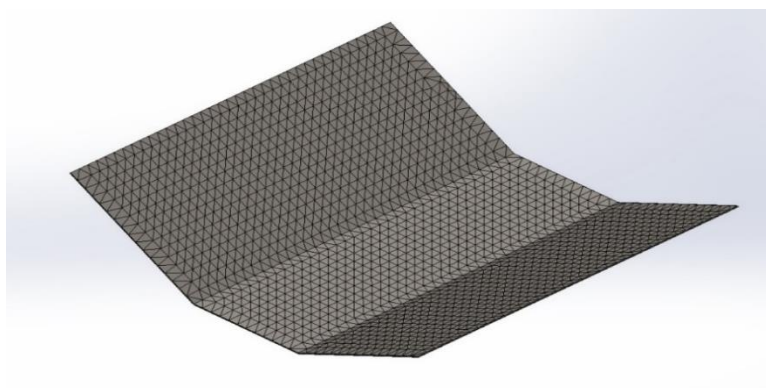


Ilustración 54: Mallado en las láminas del depósito de compactación

| <b>Parametros</b>           |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Tipo de malla               | malla solida              |
| mallada utilizado:          | malla basada en curvatura |
| puntos jacobianos           | 4 puntos                  |
| Tamaño maximo de elemento   | 64,4356mm                 |
| Tamaño minimo de elemento   | 3,22178mm                 |
| Trazado de calidad de malla | elemneto cuadraticos      |
| Nro total de nodos          | 20880                     |
| Nro total de elementos      | 10495                     |

Tabla 26: características del mallado del depósito de compactación

#### 4.3.4.1. Resultados de la simulación

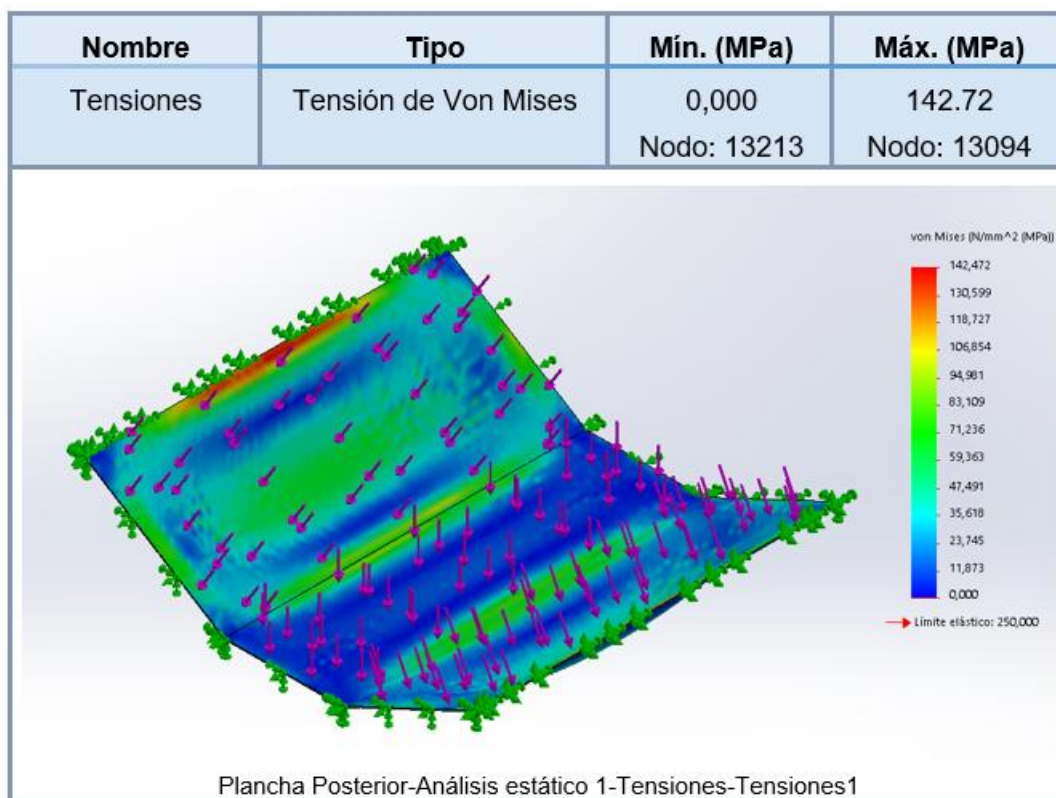


Ilustración 55: tensión de Von mises en la plancha posterior

Se puede ver que las tensiones máximas es de 142,72 teniendo un concentrador de esfuerzos en la parte superior de una lado de los extremos de la caja , notar aquí que se tiene mayor cantidad de tensiones en comparación con las plataformas.

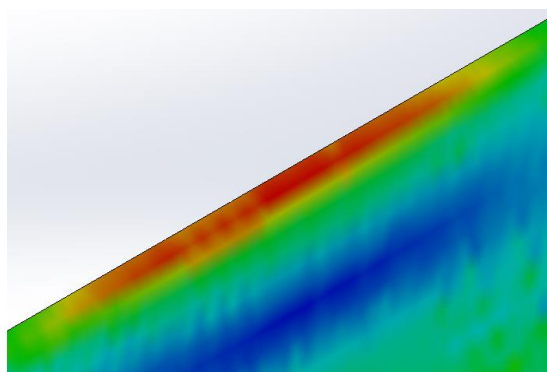


Ilustración 56: Zona de mayor tensión en la plancha posterior

En esta zona es donde hay mayor cantidad de tensión , siendo esta la parte donde mas se priorizara para cubrir con un reforzamiento que permita disminuir esto .

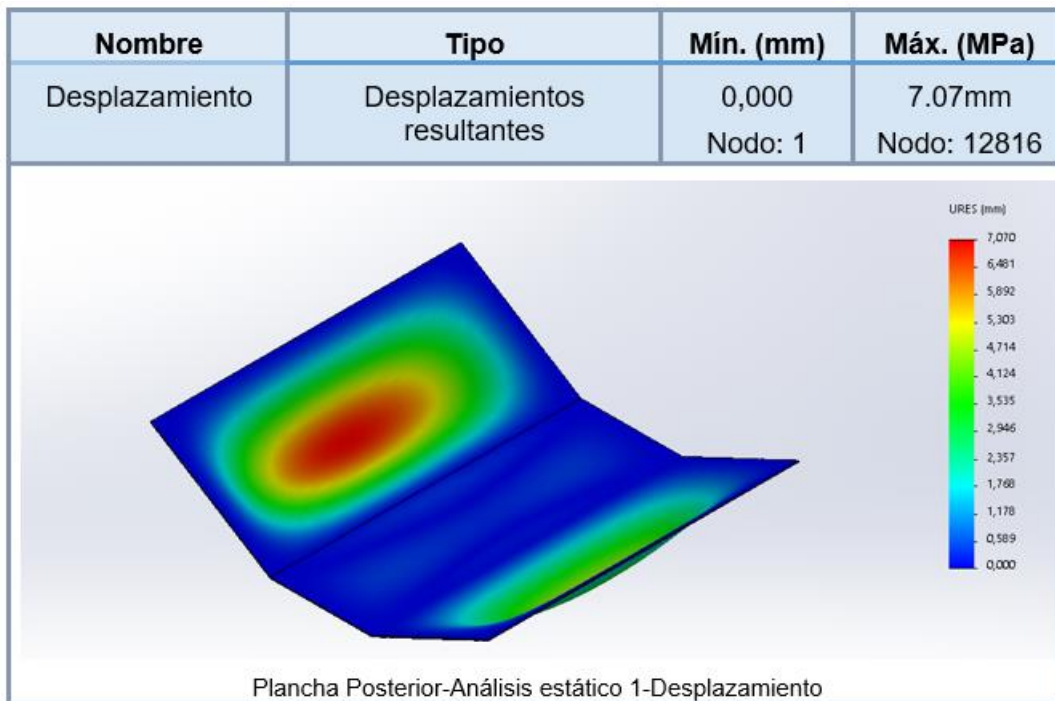


Ilustración 57: Desplazamientos de la caja de compactación

Según las deformaciones máximas que se puede ver en la imagen es de 7.07 mm siendo esto algo considerablemente alto en la caja de compactación, debido en gran manera a que solamente es la lamina y no hay vigas o estructuras en esta zona.

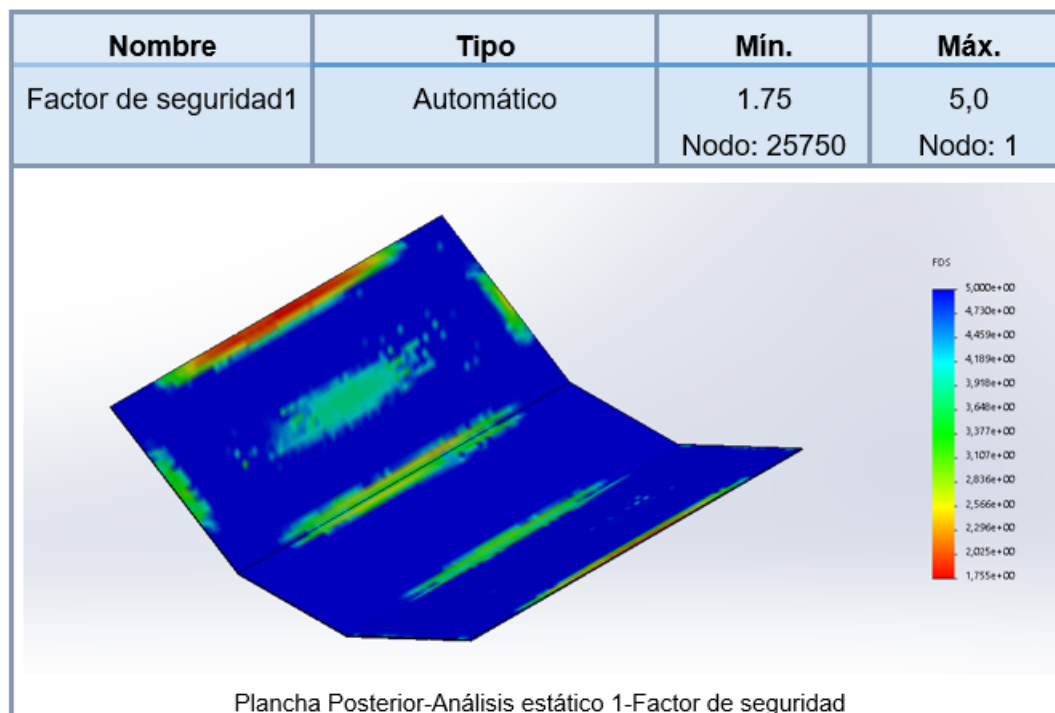


Ilustración 58: factor de seguridad en la caja de compactación

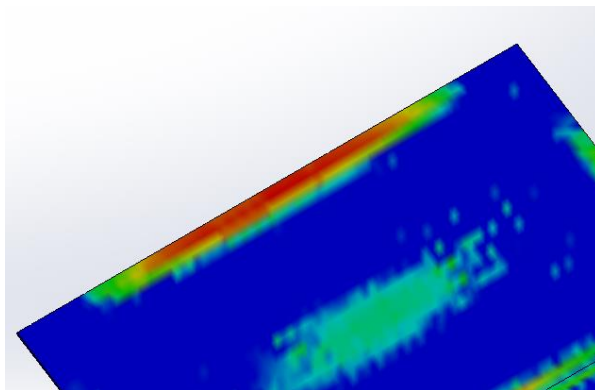


Ilustración 59: zona de menor factor de seguridad en las planchas

A pesar de tener un desplazamiento considerable su factor de seguridad no es tan crítico siendo como mínimo 1.75 y como máximo 5 . En esta zona es donde también mas va dar prioridad a la mejora que se le quiere adherir a la estructura .

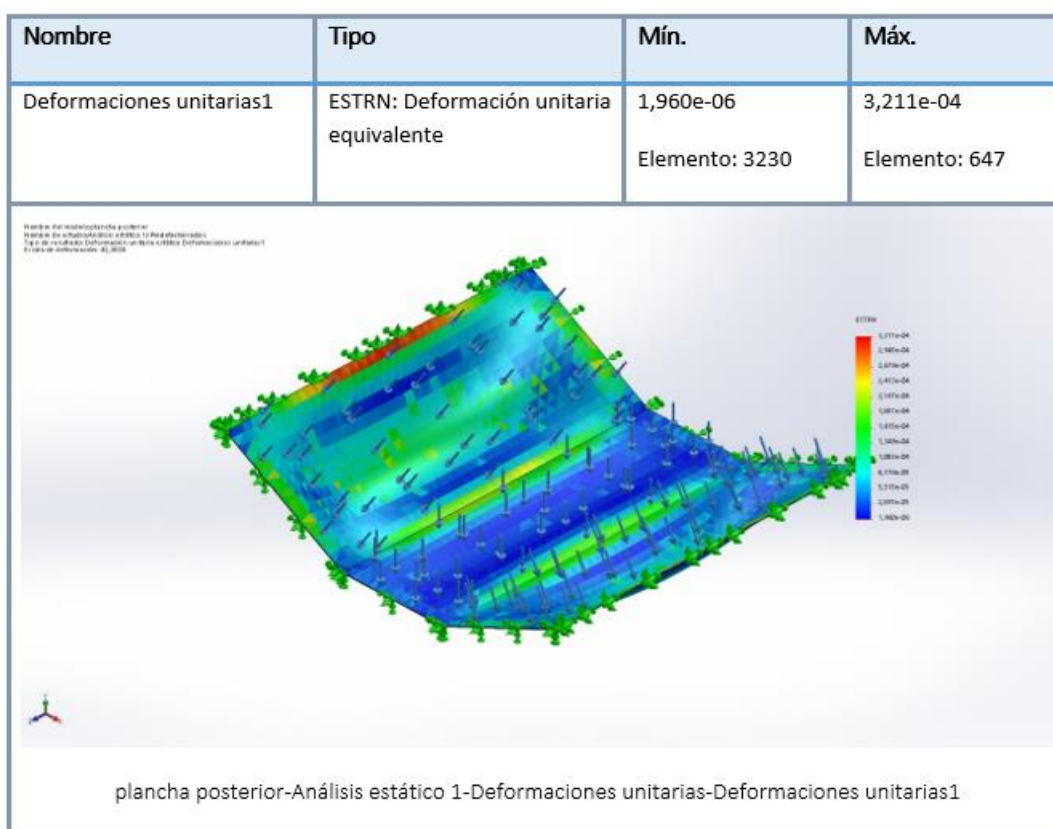


Ilustración 60: Deformaciones unitarias del depósito de compactación

#### 4.3.5. Resumen de todos los resultados del material original


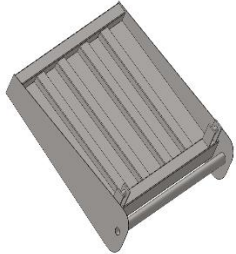
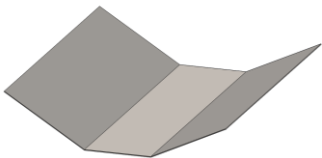
| Estructura                                                                         | Tensión Max (MPa) | Desplazamiento MAX (mm) | Deformaciones Unitarias MAX | Peso kg | F.S Min |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|---------|---------|
|   | 102,884           | 0,775                   | 3,651e-04                   | 525     | 2,4     |
|   | 157,133           | 1,2644                  | 4,532e-04                   | 289     | 1,59    |
|  | <b>142,472</b>    | 7,07                    | 3,211e-04                   | 508     | 1,75    |

Tabla 27: Resultados finales a la caja compactadora de material original

Se procede a realizar un cuadro de resume para la ver las tensiones , deformaciones y factores de seguridad de mayores interés para luego iniciar con la nueva propuesta . se debe tener en cuenta que hay mayor tensión , desplazamiento y factor de seguridad en el depósito así como también en la plataforma superior .

#### 4.3.6. Resultados de la plataforma inferior modificado con PE 1000 UHMW

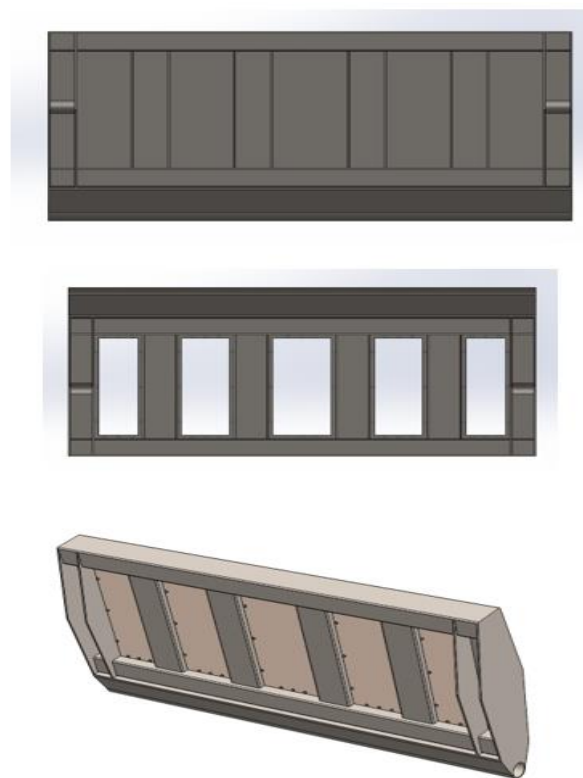


Ilustración 61: Plataforma inferior con PE 1000 UHMW

##### 4.3.6.1. Análisis de elementos finitos en la plataforma inferior modificada

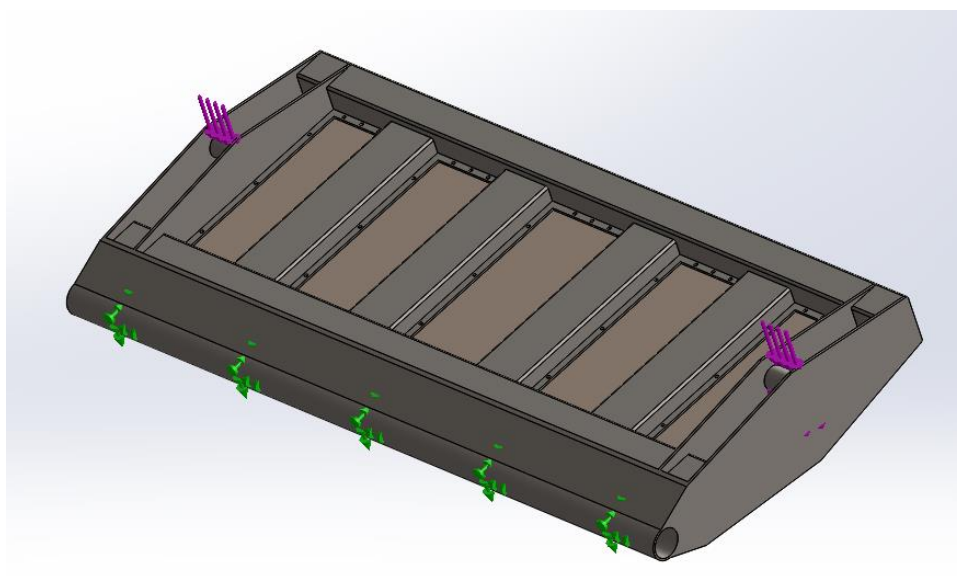


Ilustración 62: plataforma inferior modificada



Ilustración 63: Mallado a la plataforma inferior modificada

| Parametros                  |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Tipo de malla               | malla solida                       |
| mallada utilizado:          | malla basada en curvatura          |
| puntos jacobianos           | 4 puntos                           |
| Tamaño maximo de            | 47,7099mm                          |
| Tamaño minimo de            | 9,54198mm                          |
| Trazado de calidad de malla | elemneto cuadraticos de alto orden |
| Nro total de nodos          | 356052                             |
| Nro total de elementos      | 194403                             |

Tabla 28: característica del mallado a la plataforma inferior modificada

#### 4.3.6.2. Simulación de la plataforma inferior modificada

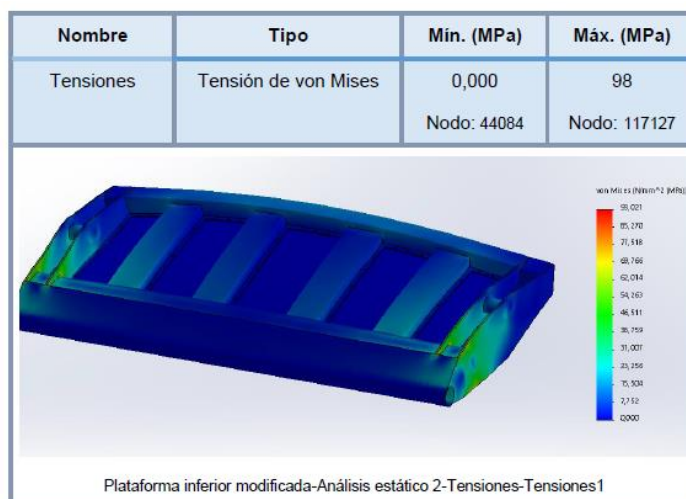


Ilustración 64: Tensiones a la plataforma inferior modificada

El concentrador de esfuerzo es de 98 ubicándose en la misma parte del material original , tener en cuenta esto al momento de hacer las recomendaciones

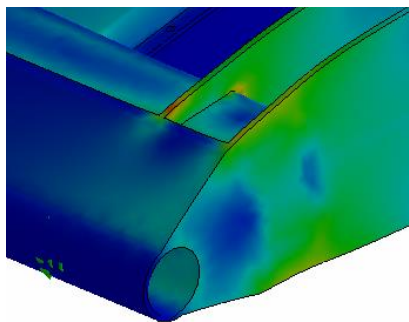


Ilustración 65: zona de mayor tensión en la plataforma inferior modificado

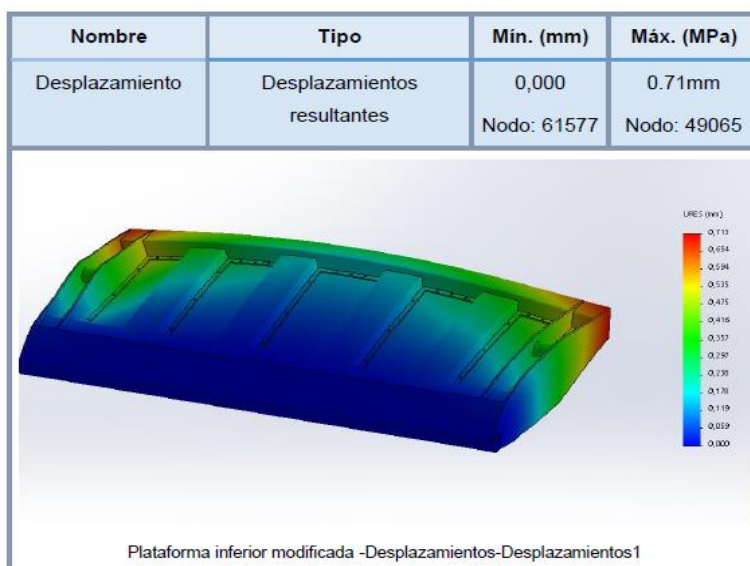


Ilustración 66: Desplazamientos en la plataforma inferior modificado

En cuanto a los desplazamientos el máximo es 0.71mm (casi nada ), eso quiere decir que el material propuesto si es viables aplicando en esta estructura ya que ofrece lo mismo y aun capacidad de soporte .

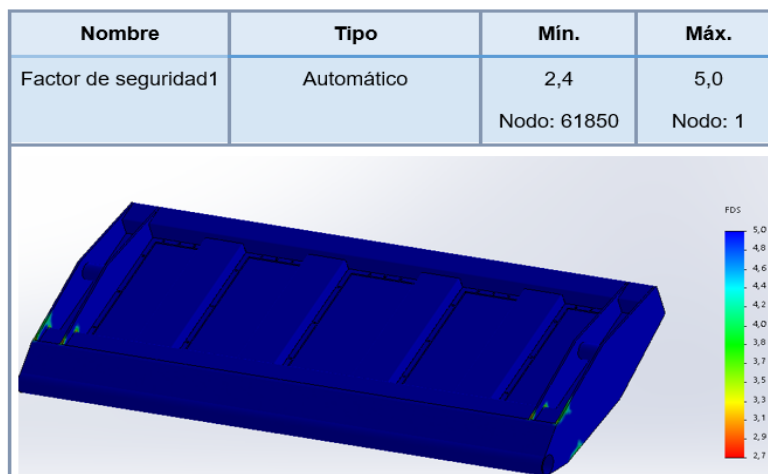


Ilustración 67: factor de seguridad en la plataforma inferior modificado

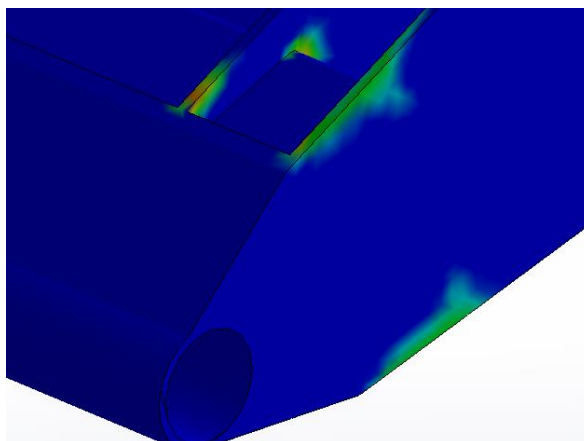


Ilustración 68: Zona de menor factor de seguridad en la plataforma inferior modificado

En cuanto al factor de seguridad el mínimo es 2.7 pero ubicado en la zona donde esta la estructura del marco ; mas no donde está el material propuesto , por lo tanto el material nuevo tendría un factor de seguridad de aproximadamente 4.6 a 5 , haciéndolo muy aceptable para este sistema.

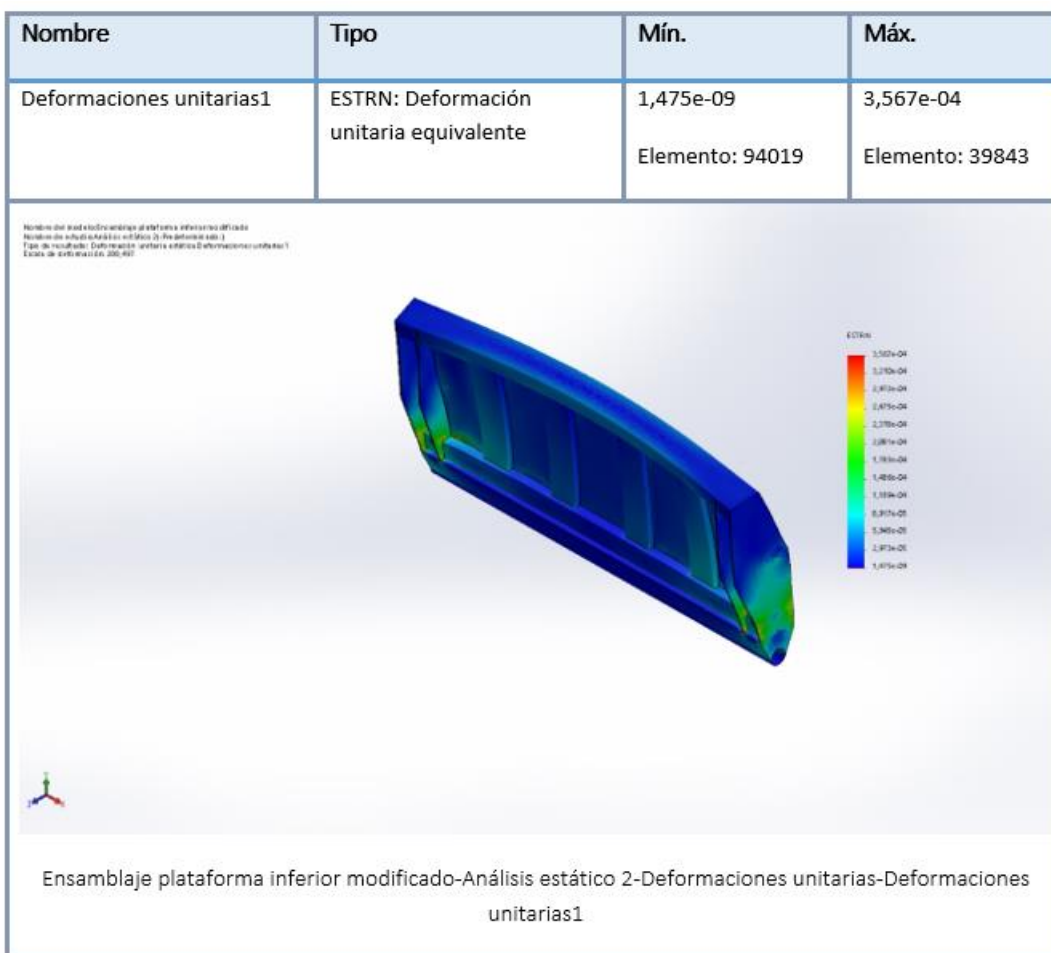


Ilustración 69: Deformaciones unitaria de la plataforma inferior modificada

### 4.3.6.3. Comparación entre el material original y el material propuesto


| Estructura                                                                        | Tensión Max (MPA) | Desplazamiento MAX (mm) | Deformación Unitaria MAX | Peso kg | F.S Min |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|---------|---------|
|  | 102,884           | 0,775                   | 3,651e-04                | 525     | 2,4     |

Tabla 29: plataforma inferior – ASTM A36

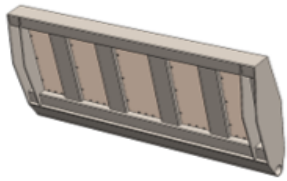
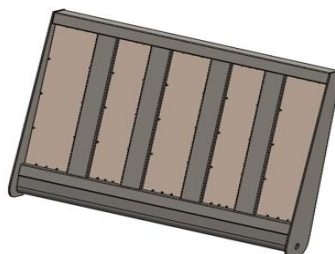
| Estructura                                                                          | Tensión Max (MPA) | Desplazamiento MAX (mm) | Deformación Unitaria MAX | Peso kg | Fs Min |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|---------|--------|
|  | 98                | 0,71                    | 3.567e-04                | 510     | 2,7    |

Tabla 30: plataforma inferior – PE1000UHMW

Según se logra ver en las tablas que el material original , solo, tiene un factor de seguridad menor de (2.4) ; en comparación a que este acompañado con un reforzamiento que le da una mayor confiabilidad dando como resultado un factor de seguridad mayor de (2,7)

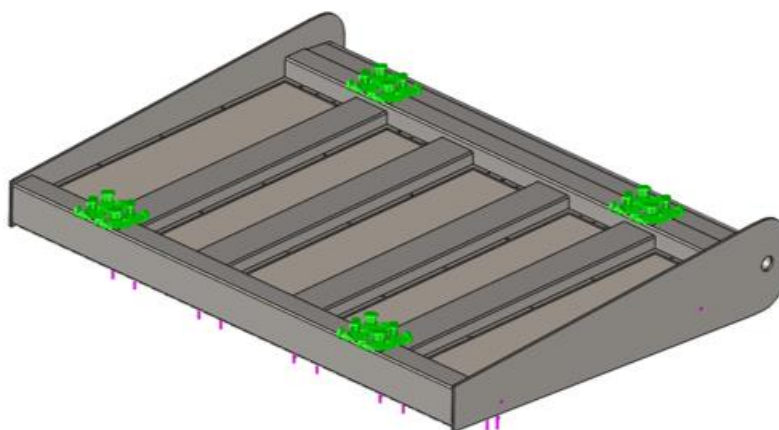
### 4.3.7. Resultados de la plataforma superior modificado con PE 1000 UHMW

A continuación, se procederá a mostrar la modificación de la estructura, para la aplicación de las láminas del nuevo material.



*Ilustración 70: Plataforma superior con PE 1000 UHMW*

#### **4.3.7.1. Análisis de elementos finitos en la plataforma superior modificada**



*Ilustración 71: Plataforma superior con material modificado*



*Ilustración 72: Mallado a la plataforma superior modificado*

| Parametros                  |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Tipo de malla               | malla solida                       |
| mallada utilizado:          | malla basada en curvatura          |
| puntos jacobianos           | 4 puntos                           |
| Tamaño maximo de            | 127,367 mm                         |
| Tamaño minimo de            | 25,4733 mm                         |
| Trazado de calidad de malla | elemneto cuadraticos de alto orden |
| Nro total de nodos          | 220652                             |
| Nro total de elementos      | 128419                             |

Tabla 31:característica del mallado a la plataforma superior modificado

#### 4.3.7.2. Simulación de la plataforma superior modificada

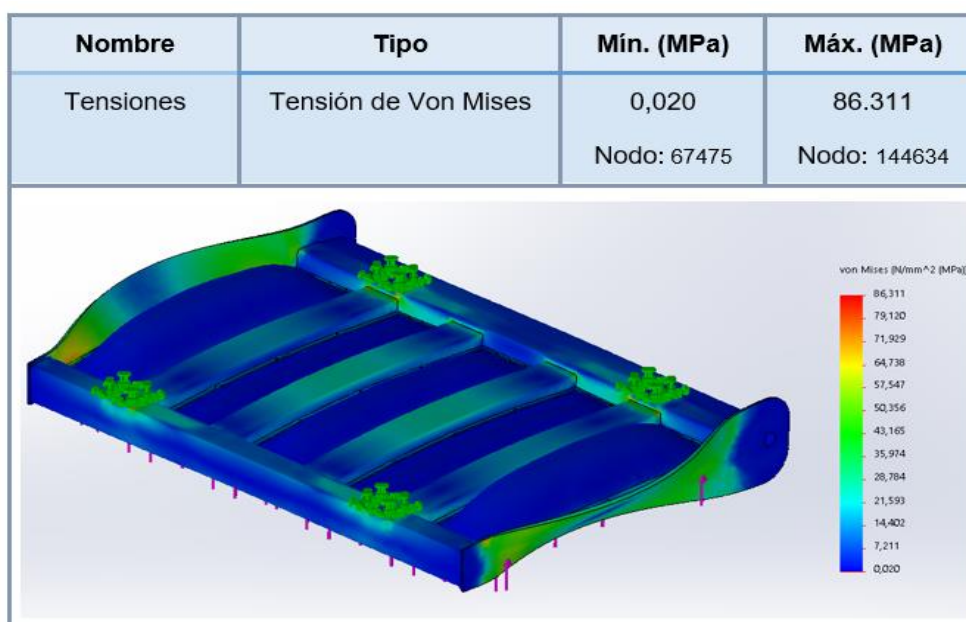


Ilustración 73: Tensiones a la plataforma superior modificado

En las tensiones se tiene como máximo 86,311 MPa dándose una mayor concentración de esfuerzo en la parte superior de la estructura pero tomando un en caso extremo y el min seria 0,20MPa

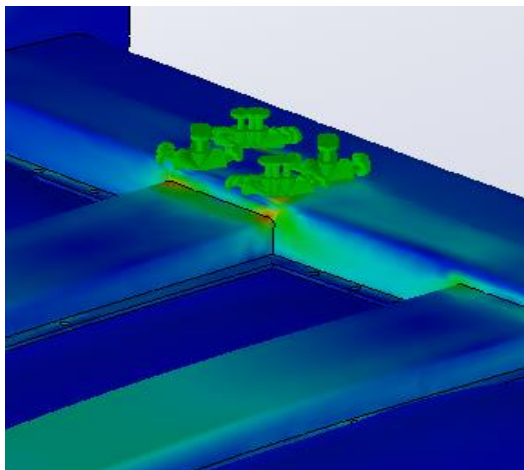


Ilustración 74: zona de mayor tensión en la plataforma superior modificado

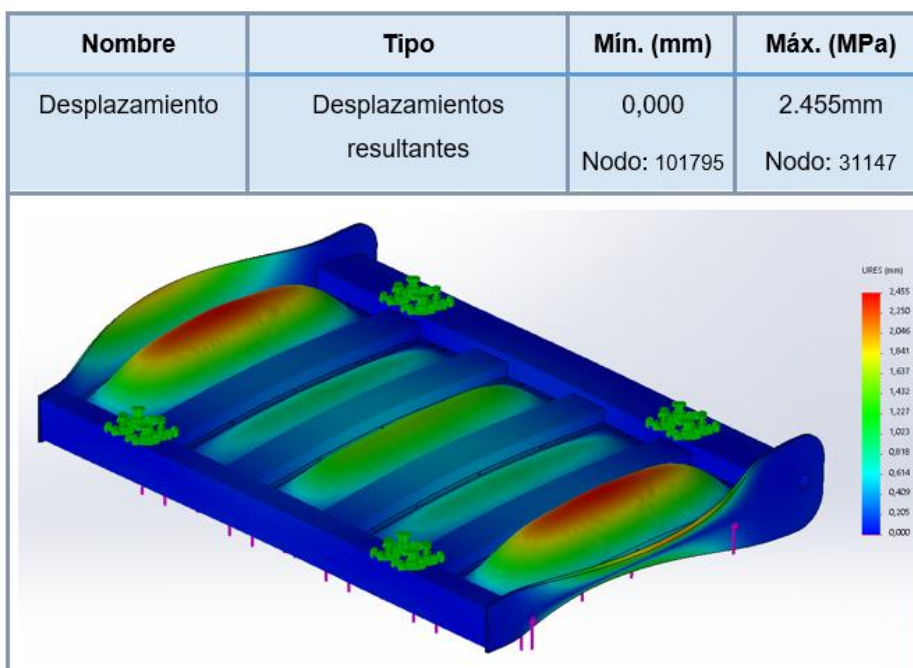


Ilustración 75: Desplazamientos en la plataforma superior modificado

En cuanto al desplazamiento se tiene como máximo 2.455mm en la zona donde se ubica el material y esto sucede porque se esta tomando esfuerzo máximo de trabajo

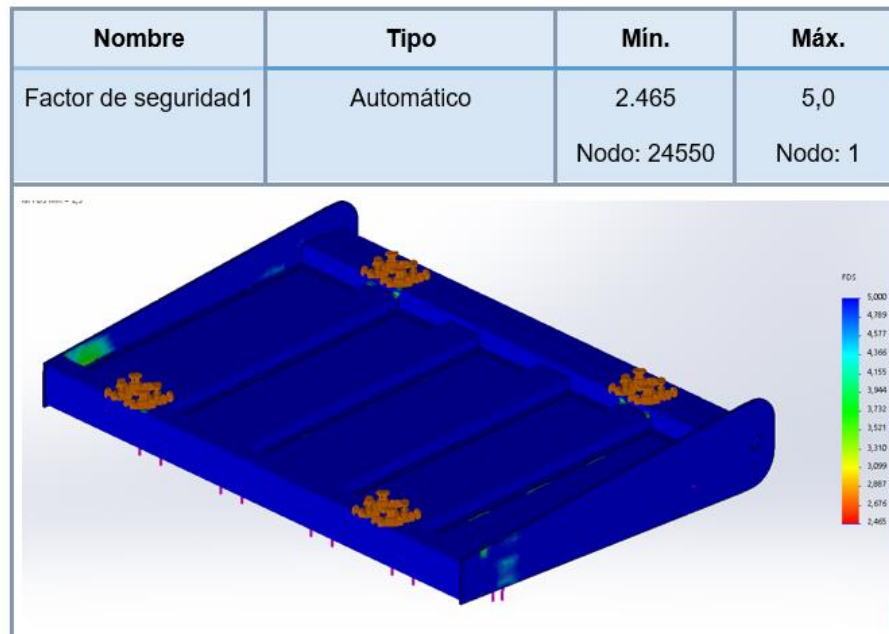


Ilustración 76: factor de seguridad en la plataforma superior modificado

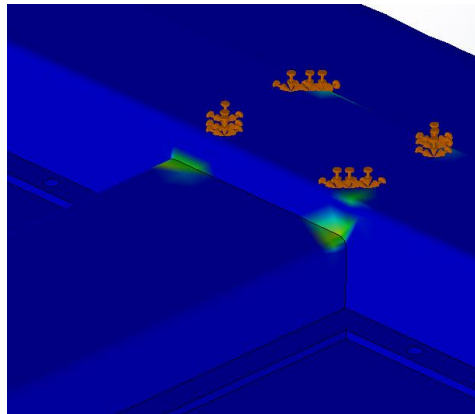


Ilustración 77: Zona de menor factor de seguridad en la plataforma superior modificado

Respecto al factor de seguridad en la plataforma superior modificada es de 2.45 como mínimo en comparación con la que no tiene reforzamiento que es 1.59 dando este una gran mejor confiabilidad a la superficie del material

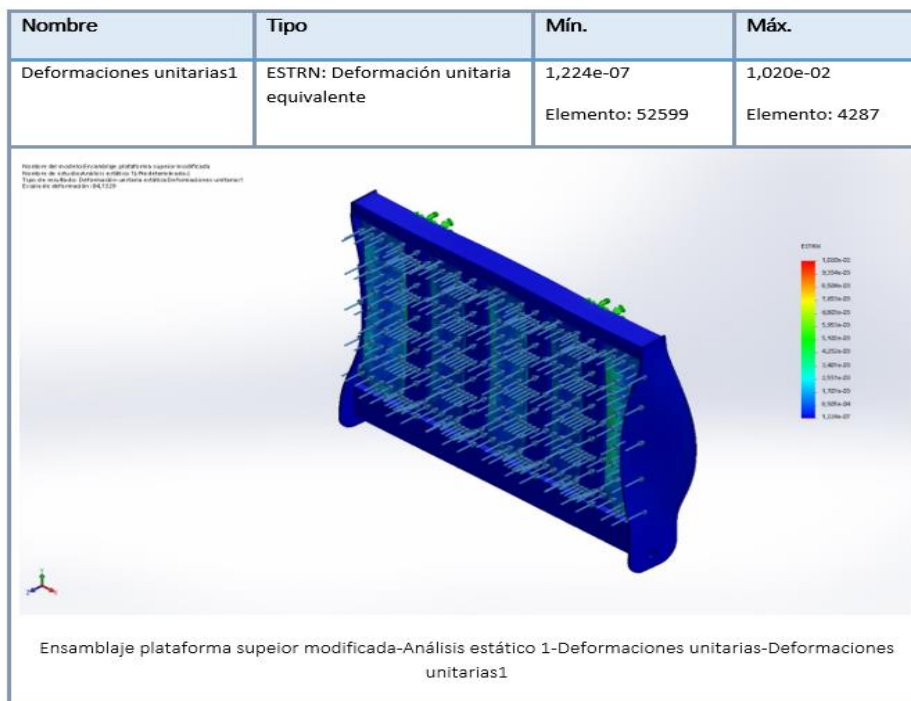


Ilustración 78: Deformación unitaria de la plataforma superior modifica

### 4.3.7.3. Comparación entre el material original y el material propuesto

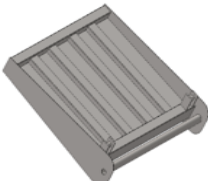
| Estructura                                                                          | Tensión Max (MPA) | Desplazamiento MAX (mm) | Deformación Unitaria MAX | Peso kg | Fs Min |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|---------|--------|
|  | 157,133           | 1,2644                  | 4,532e-04                | 289     | 1.59   |

Tabla 32: plataforma superior - material ASTM 36

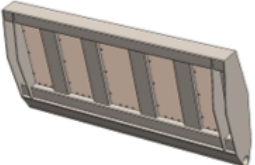
| Estructura                                                                          | Tensión Max (MPA) | Desplazamiento MAX (mm) | Deformación Unitaria MAX | Peso kg | Fs Min |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|---------|--------|
|  | 86,3              | 2,455                   | 1,020e-02                | 267     | 2,455  |

Tabla 33: plataforma superior – PE1000UHMW

Según se logra ver en las tablas que el material original solo, tiene un factor de seguridad menor de (1.59) ; en comparación a que este acompañado con un reforzamiento que le da una mayor confiabilidad dando como resultado un factor de seguridad mayor de (2,45). Otra aspecto a resaltar es que en cada uno de los componentes se está disminuyendo su peso lo, lo que favorece considerablemente a la eficiencia de la estructura.

#### 4.3.8. Resultados del depósito de compactación modificado con PE 1000 UHMW

A continuación, se muestra la modificación para el recubrimiento de la lámina posterior. Anteriormente la lámina posterior tenía un espesor de 8 mm para este caso se modificará su espesor a 5mm y se aplicaran perforaciones en sus extremos para unir el recubrimiento, el nuevo peso de la lámina es de 101.1kg. En la siguiente imagen puede apreciarse la modificación.

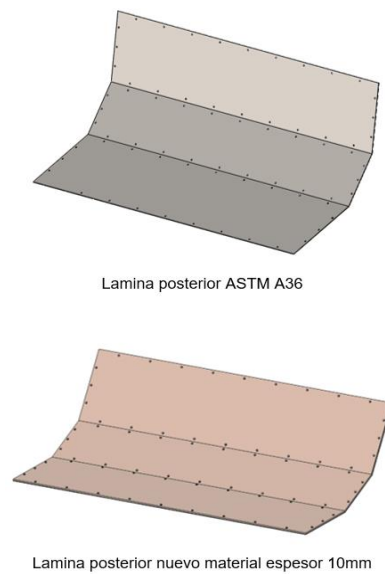


Ilustración 79: laminas A36 Y PE 1000 de la caja de compactación

##### 4.3.8.1. Análisis de elementos finitos en el depósito de compactación modificado

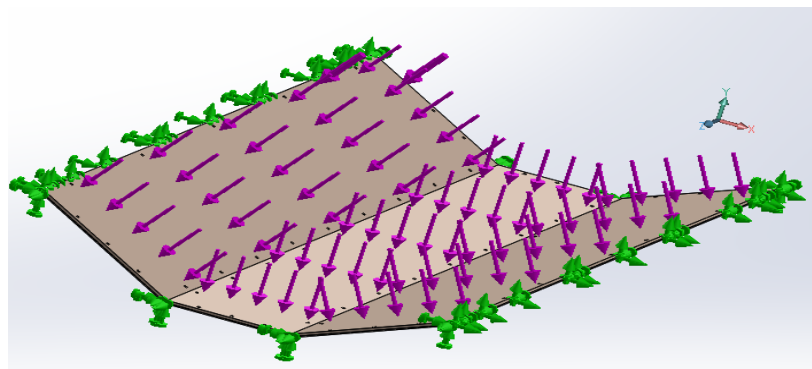


Ilustración 80: Análisis en el depósito de compactación modificado

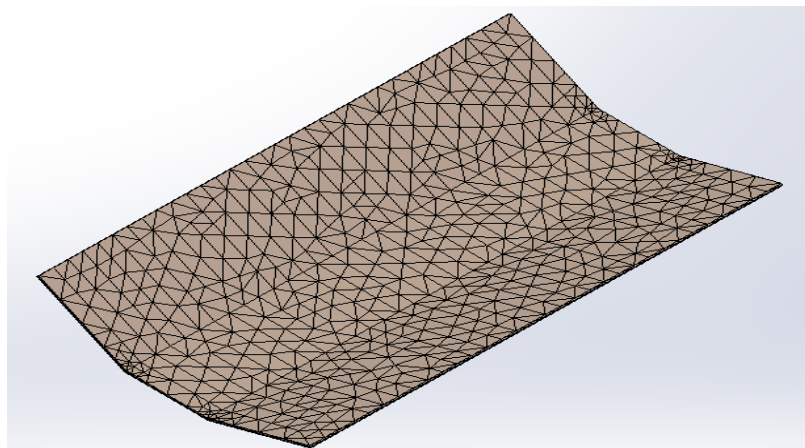


Ilustración 81: Mallado en el depósito de compactación modificado

| Parametros                  |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Tipo de malla               | malla solida                       |
| mallada utilizado:          | malla basada en curvatura          |
| puntos jacobianos           | 4 puntos                           |
| Tamaño maximo de            | 123,134mm                          |
| Tamaño minimo de            | 3,1235 mm                          |
| Trazado de calidad de malla | elemneto cuadraticos de alto orden |
| Nro total de nodos          | 40781                              |
| Nro total de elementos      | 26395                              |

Tabla 34: característica del mallado en el depósito compactación modificada

### 4.3.8.2. Simulación del depósito de compactación modificada

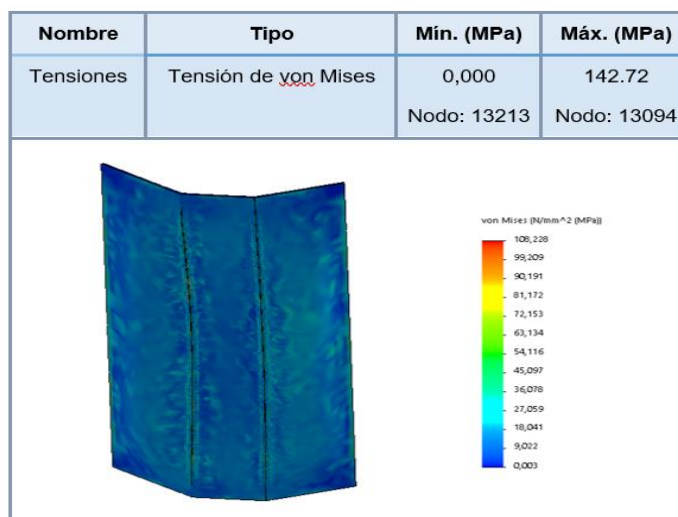


Ilustración 82: Tensiones en las láminas del depósito de compactación modificado

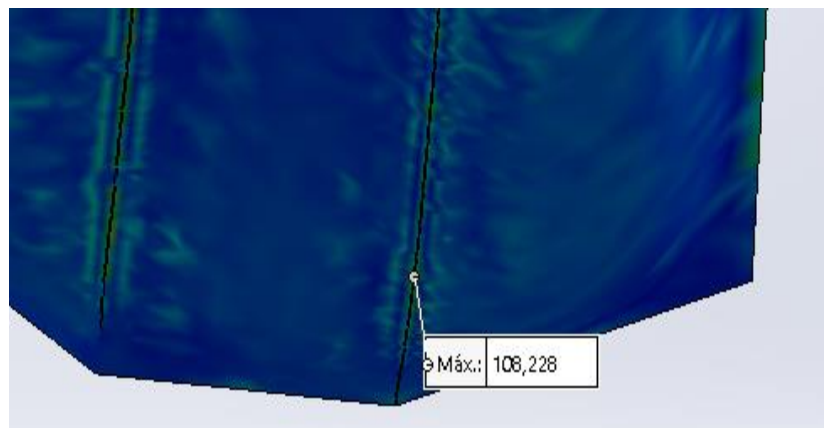


Ilustración 83: zona de mayor tensión en el depósito de compactación modificado

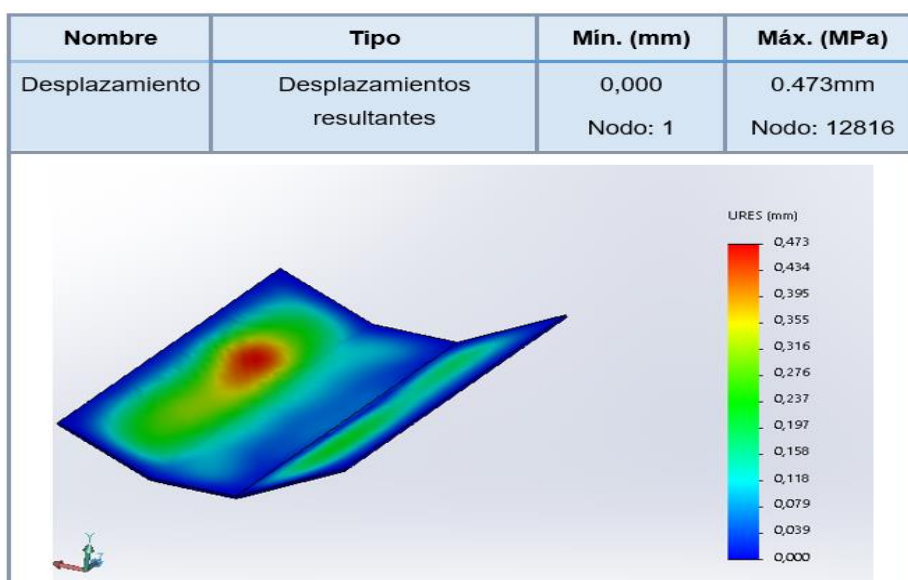


Ilustración 84: Desplazamiento en el depósito de compactación modificado

En cuanto al desplazamiento con el nuevo material tiene 0.473 mm como máximo, es decir casi nada de deformaciones teniendo una mejora una mejora significativa en comparación con la estructura del material inicial.

En cuanto al factor de seguridad el mínimo es de 2.3 y el máximo es de 5 teniendo una gran mejoría con la nueva propuesta. De esta manera se demuestra una confiabilidad de que el nuevo material es muy viable como reforzamiento para el depósito de compactación.

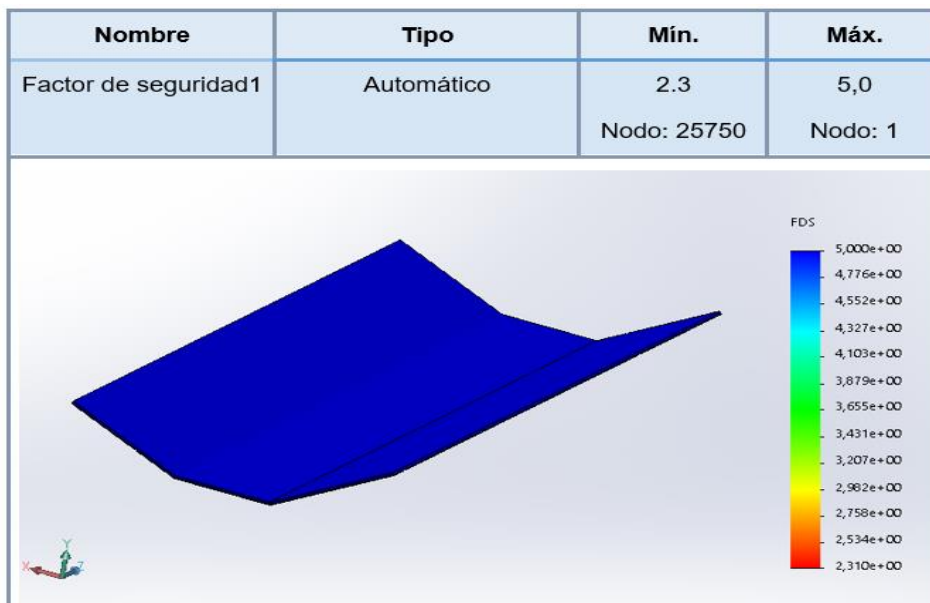


Ilustración 85: Factor de seguridad en el depósito de compactación modificado

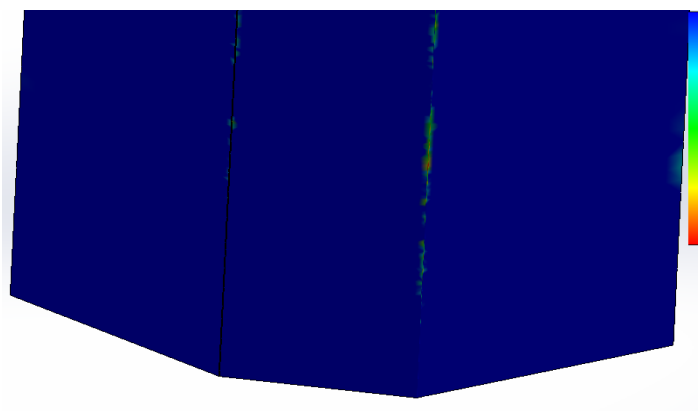


Ilustración 86: zona de menor factor seguridad en el depósito de compactación modificado

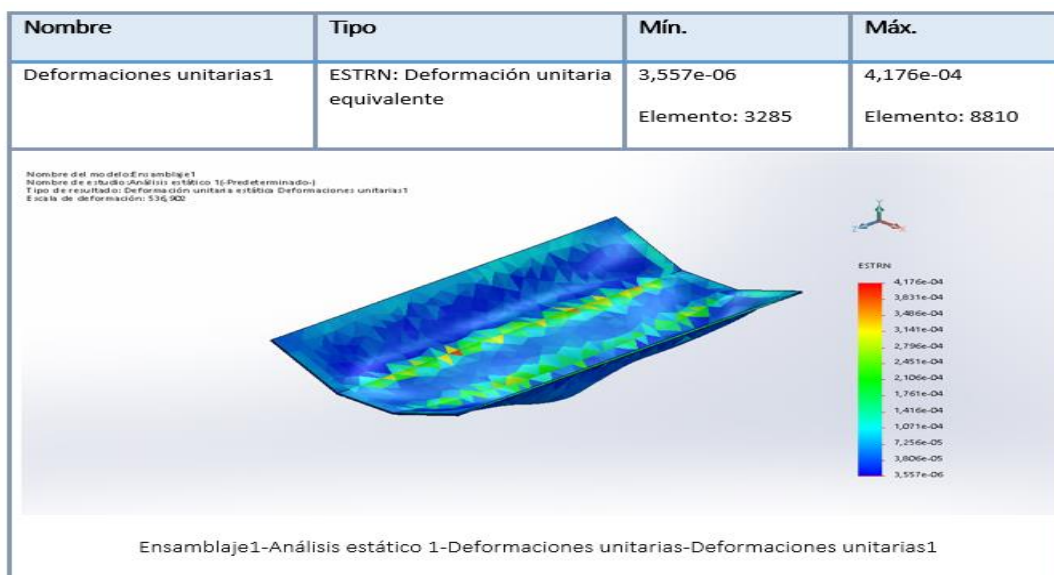


Ilustración 87: Deformación unitaria de depósito de compactación modificado

### 4.3.8.3. Comparación entre el material original y el material propuesto


| Estructura                                                                        | Tensión Max (MPA) | Desplazamiento MAX (mm) | Deformación unitaria MAX | Peso kg | Fs Min |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|---------|--------|
|  | 142,472           | 7,07                    | 3,211e-04                | 183     | 1,75   |

Tabla 35: Deposito de compactación – ASTM A36

| Estructura                                                                          | Tensión Max (MPA) | Desplazamiento MAX (mm) | Deformación unitaria MAX | Peso kg | Fs Min |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|---------|--------|
|  | 108,228           | 0,473                   | 4,176-04                 | 131     | 2,3    |

Tabla 36: Deposito de compactación – PE1000UHMW

En este caso hay una mejora en la mayoría de los resultados de la simulación debido a las ventajas que ofrece las propiedades física y mecánica del PE 1000 con respecto al acero como un recubrimiento, pues a pesar de que se le disminuyó el espesor de la estructura metálica mejoro su factor de seguridad de la estructura inicial. Afortunadamente su carga critica sigue siendo mayor que la carga de trabajo en el deposito.

## 4.4. Elaborar los costos para el diseño de una caja compactadora

### 4.4.1. Proceso de manufacturación

Ya seleccionados los materiales que componen las piezas de la máquina se eligen los procesos de manufactura más indicados para elaborar las piezas que conforman el sistema de la maquina cortadora. Los procesos de formados utilizados para fabricar las piezas originadas de láminas Y tubos estructurales, serán los procesos de remoción de material tales como: seccionado, torneado, taladrado y esmerilado. Se aplicarán dos operaciones de ensambles fijos: uniones soldadas, en su mayoría; y por remaches. Las uniones que se usaran remaches es cuando este presente la

lámina de PE 1000 y la lámina de ASTM A36.

#### 4.4.2. Cortes y taladrado de los de los tubos estructurales y de las láminas.

Los procesos de corte y taladrado tendrán como objetivo fundamental obtener piezas con la configuración geométrica requerida y acabado deseado, de acuerdo a especificaciones ya establecidas. Los materiales con cortes y taladrado son:

- Láminas de acero ASTM A36 de 8 mm de espesor
- Láminas de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor
- Láminas de acero ASTM A36 de 5 mm de espesor
- Tubos de acero al carbono ASTM A 36 rectangular de 150mmx100mm de espesor 3.2mm.
- Lamina de Pe 1000 16 mm de espesor
- Lamina de Pe 1000 10 mm de espesor

Para los cortes de láminas de acero inoxidable y al carbono se utilizarán guillotina y cizalla; los cortes de espesores más amplios como los perfiles cuadrados se harán con cortadoras de disco.

#### 4.4.3. Soldadura y uniones

En la soldadura para el acero al carbono ASTM A36 (F24) se utilizan también soldaduras por arco metálico protegido (SMAW) pero con electrodos para aceros al carbono con clasificación AWS E7018.

#### 4.4.4. Materiales y equipos

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| Costo de F24 x kg    | 3.72 PEN  |
| Costo de PE1000 x kg | 15.96 PEN |

| N<br>o | Descripción                                                                                               | Cantidad | Precio S/<br>Unidad | Total<br>soles |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|----------------|
| 1      | Lámina de ASTM A-36 de espesor 8mm,<br>2 x 1 m                                                            | 5        | 1953                | 9765           |
| 2      | Lámina de ASTM A-36 de espesor 6mm,<br>2 x 1 m                                                            | 3        | 1075,08             | 3225,24        |
| 3      | Lámina de ASTM A-36 de espesor 5mm,<br>2 x 1 m                                                            | 3        | 1889,76             | 5669,28        |
| 4      | Tubos de acero al carbono ASTM A 36<br>rectangular de 150mmx100mm y de<br>espesor 3.2mm. Longitud 6metros | 3        | 8835                | 26505          |
| 5      | Lamina de PE1000 16 mm de espesor.<br>2mx1m                                                               | 2        | 7381,5              | 14 763         |

|              |                                                        |   |        |           |
|--------------|--------------------------------------------------------|---|--------|-----------|
| 6            | Lamina de Pe 1000 10 mm de espesor.<br>2mx1m           | 4 | 7381,5 | 29 526    |
| 7            | Insumos (materiales, pernos, soldadura,<br>aditivos .) |   |        | 20 000    |
| 8            | Servicios (Luz , agua , Limpieza )                     |   | 5000   | 10 000    |
| 9            | Soldador x 2 meses                                     | 2 | 4000   | 16 000    |
| 1<br>0       | Ingeniero Materiales x 2 meses                         | 1 | 7000   | 14 000    |
| 1<br>1       | Ingeniero Mecánico -Eléctrico x 2<br>meses             | 1 | 6000   | 12 000    |
| <b>TOTAL</b> |                                                        |   |        | S/161 454 |

## V. DISCUSIONES

En 2019 el diseño es de una máquina hecha para compactar solo viruta de empresas , donde busca mejorar los ingresos de venta por viruta , la maquina es hecha acero AISI 1020HR pero de una manera estacionaria donde la población solo van a dejar sus residuos solidos . La máquina de compactación tiene una compactación limitada que solo sirve para procesos de compactación de baja dureza en comparación con la compactadora propuesta en mi investigación que posee capacidad de fuerza de hasta 69 844,5 N además que los materiales con el cual son hechos estas compactadoras son distintas , en mi caso material propuesto es el acero ASTM 36 reforzado con PE 1000 UHMW, ambas investigaciones realizan estudios de deformación, desplazamiento y obtienen factores mínimos de seguridad estables que van desde 1.5 hasta 3.35.

En 2019, RUBEN ELIAS publico la investigación “Diseño y construcción de una maquina compactadora de residuos sólidos para la empresa curtiembre Quisapincha “ con el objetivos de realizar estudios de desempeño, estableciendo las especificaciones técnicas que cumplan los requerimientos de compactación utilizando el material AISI 304 y el acero galvanizado siendo su operación muy optimo pero demasiado caro ya que tuvieron que cambiar mucho material en toda casi la estructura pero obteniendo factores de seguridad adecuados que van desde 2.3 hasta 3.7 como mínimo. Lo adecuado de esta investigación es que hacen estudios de dureza de material experimentalmente es por esa razón que aumenta sus costos y además trabaja con un simulador que llamado Autodesk para poder analizar los esfuerzos y deformaciones mientras que en mi investigación solo realizó estudios teóricos referenciales y simulación en el SolidWorks.

CAMILO EDUARDO en su investigación “Diseño de un sistema de compactación de papel y cartón para la empresa Mac anillados y acabados impresos SAC”, realizo la simulación por elementos finitos con el software NX a fin de analizar el diseño por el criterio de Von mises, se trabajó con un acero A500 calculando así los esfuerzos máximos, desplazamientos

y factor de seguridad; que al aplicar los materiales se obtuvo un esfuerzo máximo de 180,03MPa, un desplazamiento resultante de 0.615 mm en la superficie superior estando dentro de lo recomendado. En esta investigación se trabajará únicamente con materiales de papel y cartón teniendo una cantidad más pequeña de recolección, pero teniendo los mismos análisis estructurales, aunque con materiales de construcción distinto; este trabajo con aceros mientras que en mi proyecto utilizare materiales compuestos.

Según WELLINGTON , se realizó el “Estudio de factores técnicos que afectan el funcionamiento del camión recolector de residuos modelo CCL 120, para reducir los daños comunes en la estructura del conjunto compactador” para ellos se empleó el criterio de Von Mises, así como para comprobación de la resistencia de la estructura se utilizó el método de diseño por esfuerzo permisibles (Método ASD) empleando en el acero A37b ; mientras que en mi investigación solo realizo estudios de material por información teórica teniendo en cuenta su capacidad de fluencia en comparación con su ciclo de carga diaria y realizando también el criterio de Von mises para la simulación en el SolidWorks , los factores de seguridad min varían desde 3 hasta 10 respectivamente .

Según JOSÉ FIGUEROA, JOHAN MUÑOZ, ANDRES TORRES, DIEGO VENEGAS en su investigación “optimización del diseño de una caja compactadora instada en los camiones recolectores de basura domiciliaria “utilizó el software de ProMechanica mediante el método de elementos finitos, element /pro 5.0 desarrollando un diseño sólido y posterior análisis de la estructura. Se le realizo estudios de compactación y esfuerzos y desplazamiento en el acero A42-27, esto dio como resultado una caja compactadora optimizada la cual presenta variados avances respecto al modelo actual; teniendo en cuenta el uso de un acero especial que tiene una dureza de 500 HB presentando un límite de fluencia de 1200 MPa , un esfuerzo máximo de compresión de -148 MPa y un factor de seguridad de 2.8; al finalizar se concluyó que los modelos de diseño en ambas tesis son similares con los mismos criterios de fallas, pero con resultados variantes ya que mi investigación trabajo acero ASTM 36 de alta dureza reforzado con un material compuesto de baja densidad PE 1000 UHMW y la otra compactadora solo está hecha de un solo material de trabajo .

## VI. CONCLUSIONES

Con la caracterización del PE **1000 UHMW** se determinó que este tiene mayores propiedades ventajosas en comparación con otros materiales, por eso se hizo comparativos en sus propiedades mecánicas, físicas y químicas ya que de acuerdo a sus resultados salió que este posee mejores características. Además en cálculos y las simulaciones estructurales dio mucha mejoría al material original haciéndolo está muy confiable para el equipo.

Se logro calcular cada uno de los esfuerzos, desplazamiento y factor de seguridad en las partes de la caja compactadora empezando desde plataforma inferior, superior y el depósito de compactación; los resultados teóricos obtenido se ayudaron con los resultados del diseño de la estructura en SolidWorks, para poder obtener más ventaja con la nueva propuesta. En la plataforma inferior se calculó los esfuerzos de Von mises que dio como resultado 17.73MPa y un factor de seguridad de 8.46 (esto con el material original). En cuanto al plataforma superior se calculó también el esfuerzo admisible y la fuerza distribuida que afecta a la estructura y para finalizar se halló en el depósito de compactación la carga critica que afectaba a las planchas dando como resultado una cantidad de 202 606,21 N.

Se realizo la simulación estructural en el software SolidWorks aplicando el criterio de Von mises tanto para la estructura original como también para las nuevas propuestas, resultando que el reforzamiento del nuevo material sea bastante beneficioso. Para empezar en la plataforma inferior la propuesta es mucho mejor en tensiones con 98 MPa respecto 102,884 MPa , desplazamiento 0,71mm vs 0, 775mm y factor seguridad min es 2,7 vs 2, 4 que el material original; en la caja de compactación la tensiones del material vs lo propuesto también resulta casi lo mismo y el factor de seguridad es de 1,75 min vs 2.3 min donde si hay cierta desventaja es en la plataforma superior pero solo en la parte de los desplazamientos, pero es porque se está tomando una carga critica extrema aun así este ofrece un mejor factor seguridad.

En cuanto a los costos del material como se puede revisar en la parte superior no es tan elevado al costo de solo acero tomado en cuenta todos los aspectos económicos que se necesitan para la construcción de la caja de compactación. En cuanto a ventajas adicionales también se puede agregar que gracias a su reducción de peso se podrá ahorrar consumo de combustible y al haber un menor esfuerzo los cilindros hidráulicos de compactación funcionaran mejor en su eficiencia y se reducirá el menor uso de lubricantes.

## VII. RECOMENDACIONES

Realizar algunas modificaciones en la estructura de los tubos para poder disminuir los concentradores de esfuerzos en los laterales y así evitar el daño excesivo. Se deja este estudio de los materiales como base para análisis exhaustivos con respecto al diseño como por ejemplo vibracional, dinámico y de calor referente a estos materiales (ASTM, AISC, JIS)

Para los criterios de ensamble de la nueva propuesta en el acero se recomienda utilizar insertos autorroscantes indicados para materiales termoplásticos donde se van empernar las planchas del PE 1000 UHMW con finalidad de reducir la tensión radial y el potencial de daño al agujero, las rosca va estar indicado según el espesor del perno de esta manera maximiza sus resistencia a la extracción del perno por vibraciones .

Para profundizar la rentabilidad de esta nueva propuesta en la caja compactadora se recomienda comparar los consumos de combustibles y lubricantes hidráulicos durante sus ciclos de trabajo vs lo gastos de otros equipos.

Por ser un material que es antiadherente y poco contaminante, no es necesario estar lavándolo constantemente como lo hacen los de acero fundido.

Practicar siempre una buena operación en los controles de los cilindros pues esto ayuda mucho a que se conserven bien las propiedades del nuevo material.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- [1] K. B. Carrión, «Gestión de los residuos sólidos en el Perú en tiempos de pandemia por COVID – 19,» 2019.
- [2] r. (. g. p. reciclaje), 2014.
- [3] X. L. M. F. J. Y. Weiwei Li\*, «Fibras de polietileno de peso molecular ultra alto similar al bambú y sus compuestos epoxi,» p. 6, 2019.
- [4] L. E. S. J. Sambert, «DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA LA FIJACIÓN DE LA CAJA COMPACTADORA AL CHASIS DEL CAMIÓN KAMAZ 55111,» 2018.
- [5] D. Zúñiga Acosta, «DISEÑO DE MÁQUINA COMPACTADORA DE VIRUTA METÁLICA CON CAPACIDAD DE 20 KG/H PARA LA EMPRESA “INGLEBY SAC” – MOTUPE, LAMBAYEQUE,» pimentel , 2019.
- [6] C. M. R. ELÍAS, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA EMPRESA CURTEMBRE QUISIPAMPA,» QUITO, 2019.
- [7] C. E. R. VELANDIA, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPACTACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN PARA LA EMPRESA MAC ANILLADOS Y ACABADOS IMPRESOS SAS,» BOGOTA , 2018.
- [8] W. V. P. ALMEIDA, «ESTUDIO DE LOS FACTORES TÉCNICOS QUE AFECTAN EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL CAMIÓN RECOLECTOR DE DESECHOS MODELO CCL 120, PARA DISMINUIR LOS DAÑOS FRECUENTES EN LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA COMPACTADOR,» AMBATO , 2013.
- [9] J. M. ., A. T. ., D. V. JOSE FIGUEROA, «reidiseñar la caja compactadora de residuos soludos de camion recolector de basura para que cumpla con la norma chilena .,» 2011.
- [10] C. A. B. ROLANDO, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD LDPE DE 25 kg /h.,» QUITO, 2013.
- [11] B. JOHNSTON, «Mecanica vectorial para ingenieros,» 2000, p. 31.

- [12] R. HIBELLER, «Ingeniería de mecánica estática,» 2006, p. 91.
- [13] I. H. Nieco, «curso de selección de aceros».
- [14] [En línea]. Available: <https://www.econovo.com.ar/portfolio-view/eco-andres-1721/>.
- [15] «<http://www.textoscientificos.com/polimeros/polietileno>,» [En línea].
- [16] I. E. R. GIRÓN, «ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y APLICACIONES INDUSTRIALES DEL,» GUATEMALA , 2005.
- [17] «<https://es.slideshare.net/alisiya/ces-edu-pack>,» [En línea].
- [18] I. E. R. GIRÓN, «ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y APLICACIONES INDUSTRIALES DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD,» GUATEMALA , 2005.
- [19] PLASTIGEN, «<https://plastigen.cl/wp-content/uploads/2020/11/FICHA-TECNICA-DE-SUPERLINING-comprimido.pdf>,» noviembre 2020. [En línea].
- [20] «Matriz de Ponderación Selección de Materiales,» [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=eFAMis1UAtY>.
- [21] G. A. L. CUSI, «DISEÑO DE UNA COMPACTADORA OLEO HIDRAULICA ESTACIONARIA DE RESIDUOS SOLIDOS DE 9 M3,» 2018.
- [22] B. J. M. EINSEMBERG, «Mecánica vectorial para ingenieros,» 2007, p. 51.
- [23] [En línea]. Available: <https://solid-bi.es/solidworks/>.
- [24] L. P. Kollar y G. S. Springer, Mechanics of Composite Structures, Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [25] M. A. Díaz, H. Reséndiz, K. Linares, E. Olivas y L. C. López, «Materiales Compuestos,» 2012.
- [26] S. Wang, «USO DE MATERIALES,» Leganéz-España, 2014.

- [27] J. T. G. GÓMEZ, «MANUFACTURA Y CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE ESTRUCTURAS TIPO SÁNDWICH FABRICADAS POR INFUSIÓN AL VACÍO PARA COMPONENTES AERONÁUTICOS,» QUERETARO, 2019.
- [28] I. B. PÉREZ, «Materiales Compuestos con posibles aplicaciones en el ámbito de la construcción,» CARTAGENA , 2018.
- [29] M. A. J. A. M. V. JUAN J. ALBA, «Nuevas estructuras tipo "sandwich " configuradas a partir de,» *MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN*,, vol. 46, p. 13, 1996.
- [30] M. A. J. y. A. M. LUIS CASTEJON, «Características de los elementos resistentes tipo sandwich contruidos en materiales compuestos avanzados a partir de tejidos tridimensionales,» *MAThRIALiS l)H CONSTRUCCIÓN*,, vol. 47, p. 9, 1997.
- [31] M. a. R. canchari, «APLICACION DE RECUBRIMIENTO DE POLYUREA PARA POLEAS DE FAJAS TRANSPORTADORAS,» Arequipa , 2019.
- [32] M. E. B. T. E. J. D. Br. CALIPUY TACANGA, «INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD DEL SUSTRATO SOBRE EL ESPESOR Y LA RESISTENCIA AL DESGASTE DE LA PELICULA PMMA-CaO DEPOSITADO EN INSERTOS DE PEAD”,» TRUJILLO, 2018.
- [33] M. U. L. Silva, «PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN DEL ACERO INOXIDABLE 304 A BASE DE RECUBRIMIENTOS DE,» Chihuahua., 2010.
- [34] W. V. P. ALMEIDA, «DISEÑO Y MONTAJE DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE HIELO , CON CINTA DE ALIMENTACION Y SISTEMA CRIBADO,» CASTELLON, 2020.
- [35] C. A. B. R. Y. V. L. M. ANTONO, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD LDPE DE 25 kg /h.,» QUITO , 2013.

IX. ANEXOS:

ANEXO 1: INFORMACION DE MATERIALES A UTILIZAR

## Materiales a utilizar (ASTM A-36)

### Acero F24 =A36

Total Materia
La Base de Datos de Materiales más Extensa del Mundo
Métrica

País/Estándar: Argentina / IRAM

Grupo de materiales: Aleaciones Ferrosas / Aceros estructurales y de construcción

Precio indicativo: 1.23 ± 0.3 €/Kg

**PROPIEDADES MECÁNICAS**

Límite elástico, Rp0.2: **≥ 195 MPa**

Resistencia a la Tracción: **340 – 510 MPa**

Alargamiento, A: **≥ 16 %**

**PROPIEDADES FÍSICAS**

No se definen propiedades directas. Consejo: Búsque los materiales utilizando la nueva [Advanced Search](#)

Consejo: Utilize [Equivalents Finder](#) para encontrar materiales similares alternativos

**REFERENCIAS CRUZADAS**

|      |         |      |
|------|---------|------|
| 91   | 0       | 0    |
| Todo | Oficial | Otro |

VISTA SINTÉTICA 
VISTA DETALLADA

| TEMPERATURA                                  | PROPIEDAD/VALOR                                |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> > 300°C             | LÍMITE ELÁSTICO, RP0.2 <b>≥ 195 MPa</b>        |
| <input type="checkbox"/> 100 - 300°C         | RESISTENCIA A LA TRACCIÓN <b>340 – 510 MPa</b> |
| <input type="checkbox"/> 30 - 100°C          |                                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> 0 - 30°C | ALARGAMIENTO, A <b>≥ 16 %</b>                  |
| <input type="checkbox"/> < 0°C               |                                                |

Total Materia
La base de datos de materiales más completa del mundo
Idioma 
Acceso

Beneficios clave | Qué hay adentro | Centro de Recursos | Sobre nosotros | Contacto | Ordenar Ahora

La base de datos de MATERIALES más completa del mundo

Más de 20 000 000 registros de propiedad de más de 450 000 materiales metálicos y no metálicos presentados en 26 idiomas

PRUEBA GRATIS

Solución Definitiva Todo En Uno

El recurso más grande para datos de propiedades de metales, polímeros, cerámicas y materiales compuestos.

Sirviendo A La Comunidad De Ingeniería

Ayudando a resolver diversos desafíos de ingeniería, desde los más simples hasta los más complejos.

Nuevas Oportunidades En Diseño

Aproyar el flujo de trabajo de diseño con una fuente de datos única para los cálculos CAE/EA. CLAVE PARA EL DISEÑO.

Total Materia
La base de datos de materiales más completa del mundo

Beneficios clave | Qué hay adentro | Centro de Recursos | Sobre nosotros

## Iniciar sesión

Por favor, escriba su correo electrónico - Nombre de usuario y contraseña

Correo electrónico o nombre de usuario:

Clave:

ACCESO

¿Se te olvidó tu contraseña?

inicio rápido ★ novedades + añadir base de datos 📄 bases de datos adicionales

# Bases de datos

Básico

Av

Level 1 Nivel 1 Level 2 Bioengineering Architecture Materials Science and Engineering

Level 2 Nivel 2 Level 2 Sustainability The Elements

Fuente: CES EduPack

## ANEXO 2: INFORMACION PROPORCIONADA POR LA MUNICIPALIDAD DE CHICLAYO (CAJA COMPACTADORA)

Es una caja compactadora marca ECONOVA

| CARACTERÍSTICAS GENERALES                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | LO OFERTADO                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cantidad                                                                                   | 12 (Doce) Unidades.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 22 (Doce) Unidades.                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Buñido                                                                                     | Cámara Compactador de residuos sólidos de 15m3 como mínimo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Cámara Compactador de residuos sólidos de 17m3.                                                                                                                                                                                                                                             |
| Marca                                                                                      | Indicar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Chasis: DONGFENG // Caja Compactadora: Econova                                                                                                                                                                                                                                              |
| Modelo                                                                                     | Indicar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Chasis: DFL114L Versión KINGRUN 2024 // Caja Compactadora: Andres 17                                                                                                                                                                                                                        |
| Procedencia                                                                                | Indicar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Chasis: China // Caja Compactadora: Argentina                                                                                                                                                                                                                                               |
| Año modelo                                                                                 | Mínimo 2021, nuevo y sin uso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Chasis: 2021 nuevo y sin uso // Caja Compactadora: 2021 nuevo y sin uso                                                                                                                                                                                                                     |
| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMPACTADOR                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Unidad                                                                                     | Compactadora de residuos sólidos de carga posterior de 15 m3 mínimo de capacidad sobre chasis.                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Compactadora de residuos sólidos de carga posterior de 17 m3 de capacidad sobre chasis.                                                                                                                                                                                                     |
| Diseño y fabricación                                                                       | Indicar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Diseño y fabricación ECONOVA                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Año modelo                                                                                 | Año de fabricación 2021 y modelo 2021 como mínimo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Año de fabricación 2021 y modelo 2021.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Carrocería                                                                                 | Compactadora de residuos sólidos, según medida de proveedor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Compactadora de residuos sólidos, Modelo Andres 17                                                                                                                                                                                                                                          |
| Capacidad útil                                                                             | 15 m3 mínimo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 17 m3                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Capacidad taligata                                                                         | 1.9 m3 Mínimo. Sin suples ni barandas a fin de garantizar la originalidad del producto.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2.3 m3. Sin suples ni barandas a fin de garantizar la originalidad del producto. (Se adjunta foto real de la tolva para garantizar que no dispone de suples ni barandas)                                                                                                                    |
| Forma de carga                                                                             | Posterior.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Posterior.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Dimensiones                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Longitud de Carrocería:                                                                    | Indicar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | (Caja) 4.350 mm aprox, total incluido taligate) 6.290 mm aprox.                                                                                                                                                                                                                             |
| Archo total:                                                                               | Indicar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2.840 mm aprox                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Altura exterior:                                                                           | Indicar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2.000 mm aprox                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Archo interior:                                                                            | Indicar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2.312 mm aprox                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                            | Nota: Las medidas se ajustarán al modelo del chasis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Nota: Las medidas se ajustan al modelo del chasis                                                                                                                                                                                                                                           |
| Marca                                                                                      | Indicar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Econova                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Peso compactadora                                                                          | 6.000 kg como máximo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 6.500 kg                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Relación compactación                                                                      | 3 a 1 mínimo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3 a 1                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Certificación de calidad                                                                   | Desable certificación ISO 9001:2015 en equipos de higiene urbana.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Certificado ISO 9001:2015 en diseño, desarrollo, fabricación, comercialización y servicio postventa de equipamientos de higiene urbana                                                                                                                                                      |
| Soldadura                                                                                  | Tipo de soldadura MIG / MAG como mínimo, se suscribirán con la declaración jurada del Anexo 03 de las presentes bases.                                                                                                                                                                                                                                                                       | Tipo de soldadura MIG / MAG, se suscriben con la declaración jurada del Anexo 03 de las presentes bases.                                                                                                                                                                                    |
| Componentes de compactadora de residuos sólidos                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Caja de almacenaje (aceros estructurales de alta resistencia según indicados o superiores) | Placa Plancha de acero ASTM A-36 o su similar o superior, de espesor según diseño de fabricante, con vueltas de perfil "U" en ASTM A-36 o su similar o superior, de espesor según diseño de fabricante.                                                                                                                                                                                      | Placa Plancha de acero estructural F24 Pliegada, de espesor 4.76 mm. Con vueltas de perfil "U" en Acero F24 pliegada, de espesor 0.35 mm                                                                                                                                                    |
|                                                                                            | Laterales: Fabricados totalmente lisos y semicircular de eje horizontal a todo lo largo de la caja en plancha de acero ASTM A-36 o su similar o superior, de espesor según diseño de fabricante.<br>Rieles de roce superior e inferior Fabricados de una sola pieza a todo lo largo de la caja en plancha de acero ASTM A-36 o su similar o superior, de espesor según diseño de fabricante. | Laterales: Fabricados totalmente lisos y semicircular de eje horizontal a todo lo largo de la caja en plancha de acero F24, de espesor 4.76 mm.<br>Rieles de roce superior e inferior: Fabricados de una sola pieza a todo lo largo de la caja en plancha de acero F24, de espesor 7.94 mm. |

|                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tolva posterior de Carga (taligate). (aceros estructurales de alta resistencia según indicado o superiores)                                                                   | <b>Techo:</b> Plancha de acero ASTM A-36 o su similar o superior, de espesor según diseño de fabricante.                                                                                                                 | <b>Techo:</b> Plancha de acero F24, de espesor 4.76 mm.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                               | <b>Hermeticidad:</b> La caja compactadora hermética, evita olores, polvos y pérdida de líquidos producto de la compactación.                                                                                             | <b>Hermeticidad:</b> La caja compactadora hermética, evita olores, polvos y pérdida de líquidos producto de la compactación.                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                               | <b>Material usado en la fabricación:</b> Aceros especiales de alta resistencia según diseño del fabricante.                                                                                                              | <b>Material usado en la fabricación:</b> Fabricado en acero especial de alta resistencia F24                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                               | <b>Capacidad de tolva:</b> 1.9 m3 Mínimo. Sin suples ni barandas a fin de garantizar la originalidad del producto.                                                                                                       | <b>Capacidad de tolva:</b> 2.3 m3. Sin suples ni barandas a fin de garantizar la originalidad del producto (Se adjunta foto real de la tolva posterior (Taligate) para garantizar que no dispone de suples ni barandas)                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                               | <b>Laterales:</b> Plancha de acero ASTM A-36 o su similar o superior de espesor según diseño de fabricante, con refuerzos verticales y tubos rectangulares soldados con soldadura robótica o MIG/MAG o similares.        | <b>Laterales:</b> Plancha de acero F24, de espesor 4.76 mm, con refuerzos verticales y tubos rectangulares soldados con soldadura robótica.                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                               | <b>Tolva de recepción de basura:</b> Piso y laterales de tolva en plancha de acero de alta resistencia, según diseño del fabricante. Indicar demás bondades técnicas.                                                    | <b>Tolva de recepción de basura:</b> Piso (6,35 mm de espesor) y laterales de tolva en plancha de acero de alta resistencia F24. <b>Otras bondades:</b> Conjunto pala compactadora y carro empaquetador en chapa de alta resistencia espesor general de 4,76 mm, con componentes estructurales principales especialmente dimensionados. |
| <b>Cierre de tolva:</b> Automático /Hidráulico, con la finalidad de minimizar riesgos de accidentes. Indicar demás bondades técnicas del sistema según diseño del fabricante. | <b>Cierre de tolva:</b> Automático /Hidráulico, con la finalidad de minimizar riesgos de accidentes. <b>Otras bondades:</b> Dos cilindros hidráulicos de doble efecto para el izaje de la tolva de recepción fabricante. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Bandeja para lixivados:</b> Recipiente para líquidos extraídos de la compactación de desechos, de capacidad según diseño de fabricante.                                    | <b>Bandeja para lixivados:</b> Recipiente para líquidos extraídos de la compactación de desechos, de capacidad de 71 litros                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Estribos y agarraderas:</b> Estribos posteriores y asas verticales para operarios.                                                                                         | <b>Estribos y agarraderas:</b> Estribos posteriores y asas verticales para operarios.                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

|                      |                                                                                         |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| UNIDAD               | COMPACTADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CARGA POSTERIOR DE 17 M3 DE CAPACIDAD SOBRE CHASIS. |
| DISEÑO Y FABRICACIÓN | DISEÑO Y FABRICACIÓN ECONOVO                                                            |
| AÑO MODELO           | AÑO DE FABRICACIÓN 2021 Y MODELO 2021.                                                  |
| CARROCERÍA           | COMPACTADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS, MODELO ANDRES 17                                      |
| CAPACIDAD ÚTIL       | 17 M3                                                                                   |
| CAPACIDAD TAILGATE   | 2.3 M3. SIN SUPLES NI BARANDAS A FIN DE GARANTIZAR LA ORIGINALIDAD DEL PRODUCTO         |
| FORMA DE CARGA       | POSTERIOR.                                                                              |

**COMPONENTES DE COMPACTADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS****CAJA DE ALMACENAJE**

**PISO:** PLANCHA DE ACERO ESTRUCTURAL F24 PLEGADA, DE ESPESOR 4.76 MM, CON DURMIENTES DE PERFIL "U" EN ACERO F24 PLEGADA, DE ESPESOR 6.35 MM

**LATERALES:** FABRICADOS TOTALMENTE LISOS Y SEMICIRCULAR DE EJE HORIZONTAL A TODO LO LARGO DE LA CAJA EN PLANCHA DE ACERO F24, DE ESPESOR 4.76 MM.

**RIELES DE ROCE SUPERIOR E INFERIOR:** FABRICADOS DE UNA SOLA PIEZA A TODO LO LARGO DE LA CAJA EN PLANCHA DE ACERO F24, DE ESPESOR 7.94 MM

**TECHO:** PLANCHA DE ACERO F24, DE ESPESOR 4.76 MM.

**HERMETICIDAD:** LA CAJA COMPACTADORA HERMÉTICA, EVITA OLORES, POLVOS Y PÉRDIDA DE LÍQUIDOS PRODUCTO DE LA COMPACTACIÓN.

**TOLVA POSTERIOR DE CARGA (TAILGATE)**

**MATERIAL USADO EN LA FABRICACIÓN:** FABRICADO EN ACERO ESPECIAL DE ALTA RESISTENCIA F24

**CAPACIDAD DE TOLVA:** 2.3 M3, SIN SUPLES NI BARANDAS A FIN DE GARANTIZAR LA ORIGINALIDAD DEL PRODUCTO

**LATERALES:** PLANCHA DE ACERO F24, DE ESPESOR 4.76 MM, CON REFUERZOS VERTICALES Y TUBOS RECTANGULARES SOLDADOS CON SOLDADURA ROBÓTICA.

**LA NUEVA GENERACIÓN DE OSCAR SCORZA****DIMENSIONES**

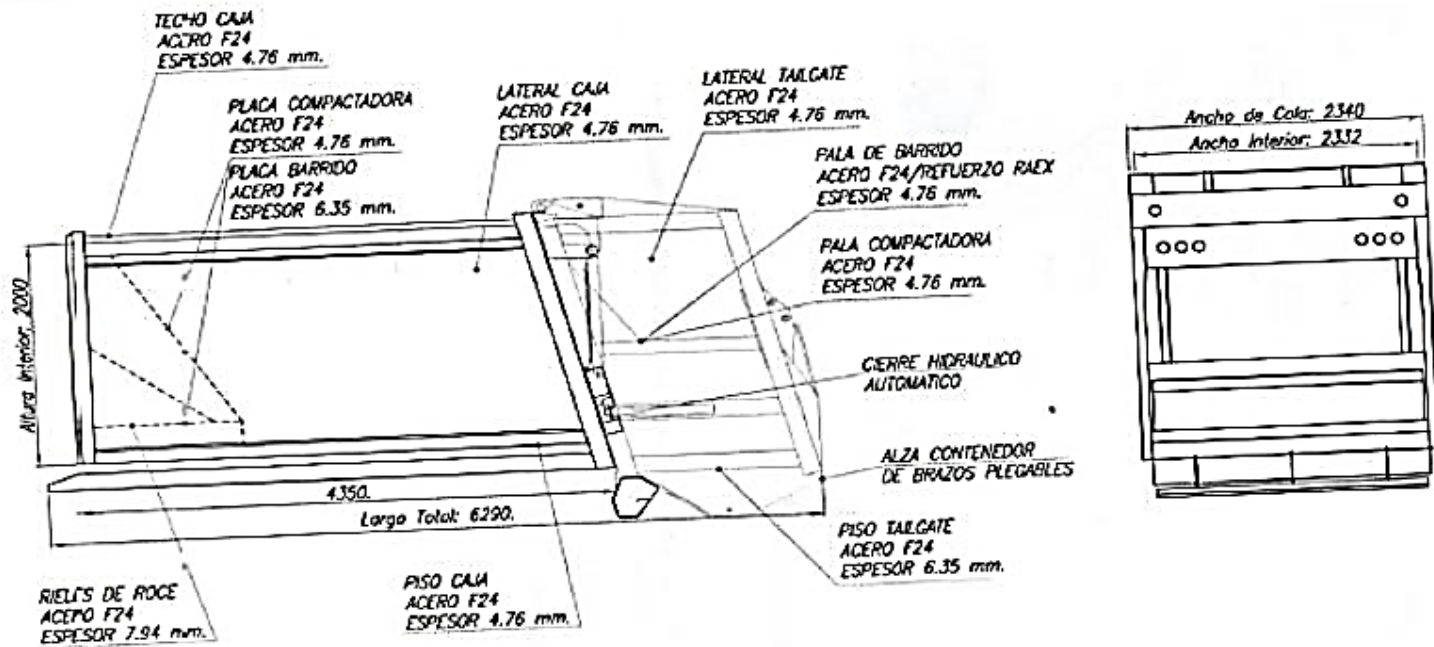
|                                                          |                                         |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>LONGITUD DE CARROCERÍA:</b>                           | 4,350 MM APROX - 6,290 MM APROX (TOTAL) |
| <b>ANCHO TOTAL:</b>                                      | 2,340 MM APROX                          |
| <b>ALTURA INTERIOR:</b>                                  | 2,000 MM APROX                          |
| <b>ANCHO INTERIOR:</b>                                   | 2,332 MM APROX                          |
| <b>NOTA: LAS MEDIDAS SE AJUSTAN AL MODELO DEL CHASIS</b> |                                         |
| <b>MARCA</b>                                             | ECONOVO                                 |
| <b>PESO DE COMPACTADORA</b>                              | 5,500 KG                                |
| <b>RELACIÓN COMPACTACIÓN</b>                             | 3 A 1                                   |
| <b>CERTIFICADOS DE CALIDAD</b>                           | CERTIFICADO ISO 9001: 2015              |
| <b>SOLDADURA</b>                                         | TIPO DE SOLDADURA MIG / MAG             |

**TOLVA DE RECEPCIÓN DE BASURA:** PISO (6.35 MM DE ESPESOR) Y LATERALES DE TOLVA EN PLANCHA DE ACERO DE ALTA RESISTENCIA F24.  
OTRAS BONDADDES: CONJUNTO PALA COMPACTADORA Y CARRO EMPAQUETADOR EN CHAPA DE ALTA RESISTENCIA ESPESOR GENERAL DE 4.76 MM, CON COMPONENTES ESTRUCTURALES PRINCIPALES ESPECIALMENTE DIMENSIONADOS.

**CIERRE DE TOLVA:** AUTOMÁTICO HIDRÁULICO, CON LA FINALIDAD DE MINIMIZAR RIESGOS DE ACCIDENTES. OTRAS BONDADDES: DOS CILINDROS HIDRÁULICOS DE DOBLE EFECTO PARA EL IZAJE DE LA TOLVA DE RECEPCIÓN

**BANDEJA PARA LIXIVIADOS:** RECIPIENTE PARA LÍQUIDOS EXTRAÍDOS DE LA COMPACTACIÓN DE DESECHOS, DE CAPACIDAD DE 71 LITROS

**ESTRIBOS Y AGARRADERAS:** ESTRIBOS POSTERIORES Y ASAS VERTICALES PARA OPERARIOS.



|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| Ancho Interior de Carroceria: | 2,332 mm. |
| Altura de Carroa:             | 990 mm.   |
| Apertura de la Carga:         | 2,080 mm. |
| Capacidad de la Caja          | 2.3 m3    |

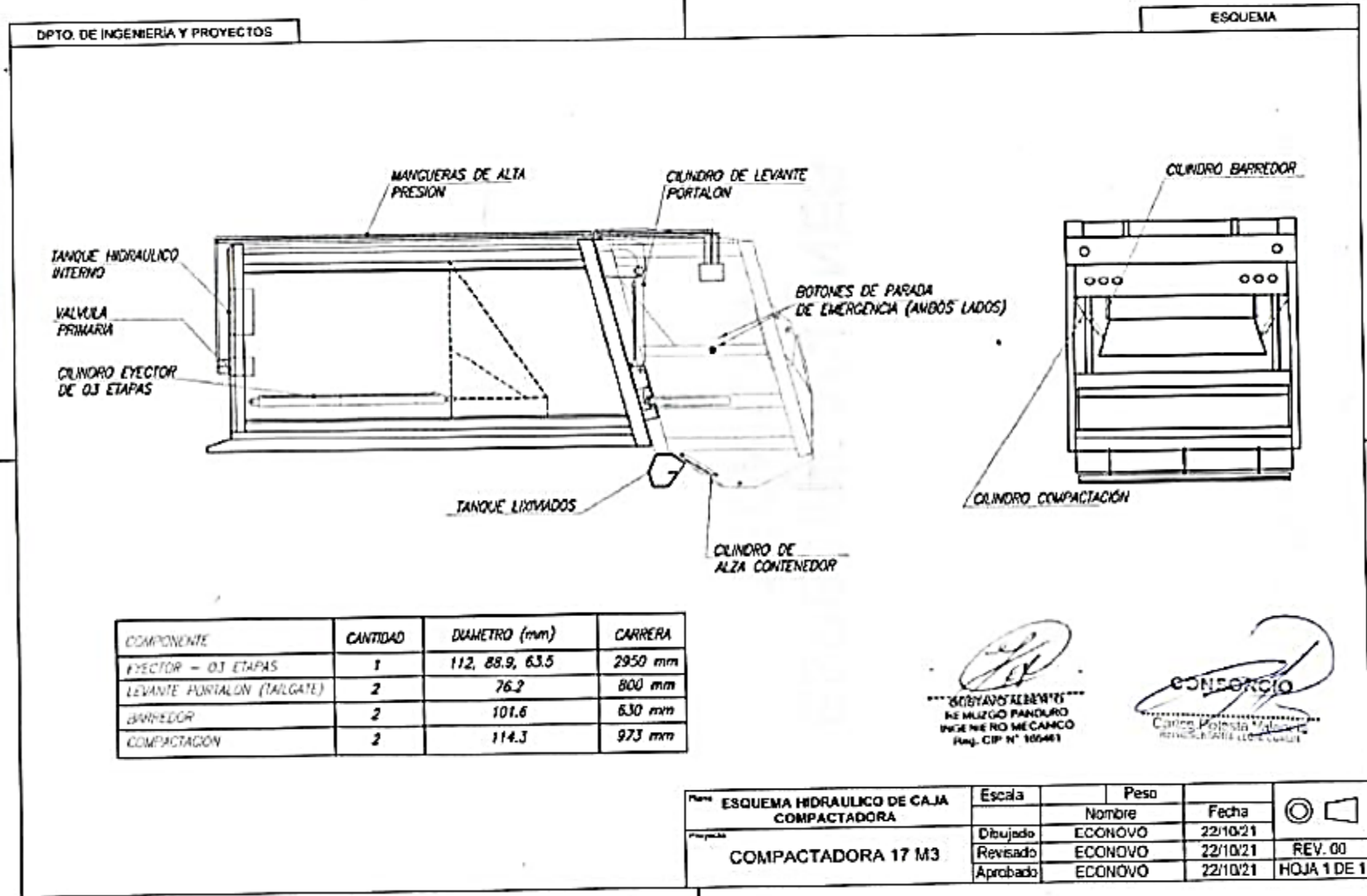
*[Signature]*  
INGENIERO KILBERTO  
DE MATEO PANDURO  
INGENIERO MECANICO  
Reg. CIP N° 105481

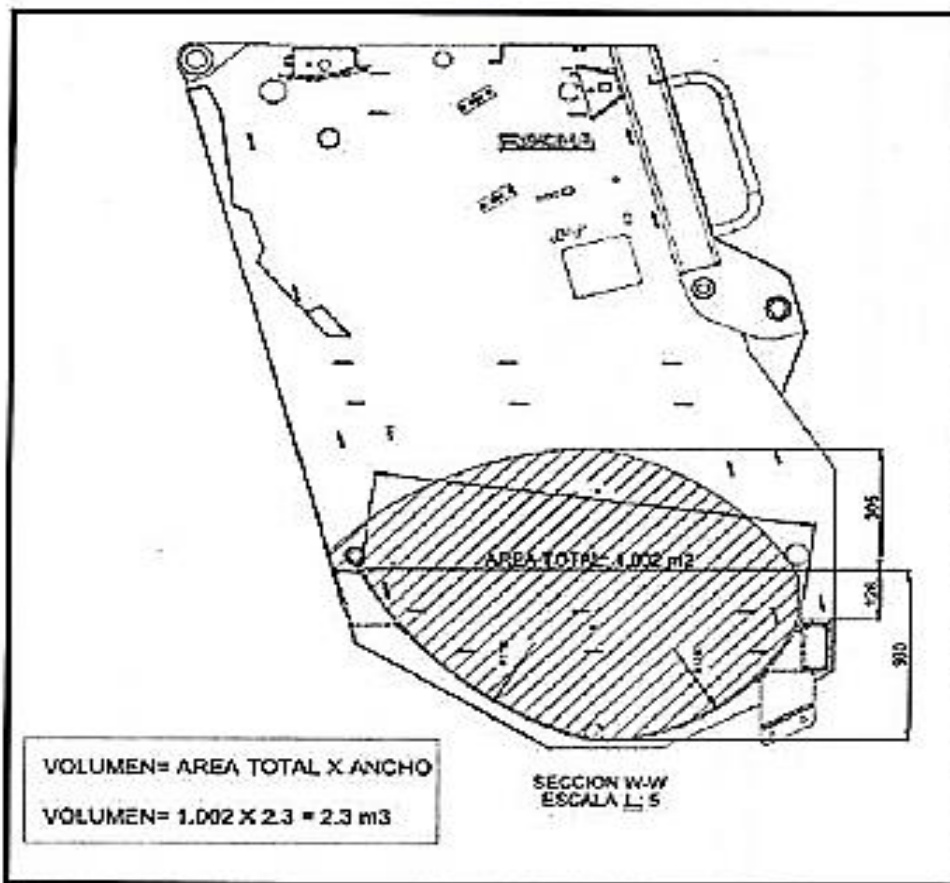
*[Signature]*  
CONSORCIO  
Carlos Proteo Valencia  
RESIDENTE EN TILDE, GUAYAMA

| Escala   | Peso    |          | Fecha       | REV. 00 |
|----------|---------|----------|-------------|---------|
|          | Nombre  | Fecha    |             |         |
| Dibujado | ECONOVO | 22/10/21 | HOJA 1 DE 1 |         |
| Revisado | ECONOVO | 22/10/21 |             |         |
| Aprobado | ECONOVO | 22/10/21 |             |         |

Plano: ESQUEMA ESTRUCTURAL DE CAJA  
COMPACTADORA

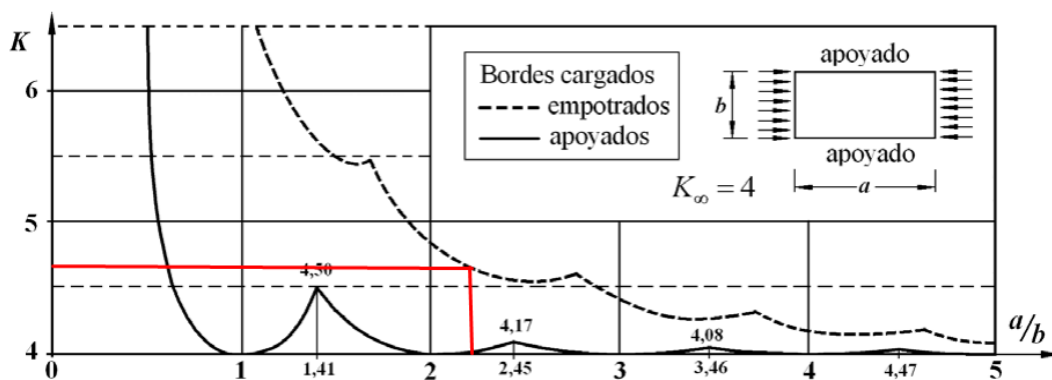
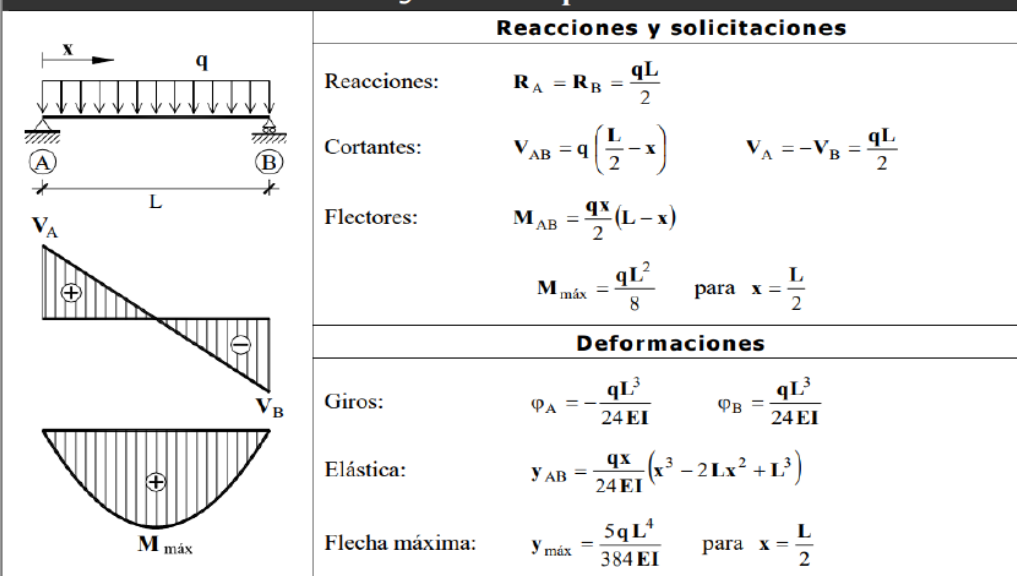
Proyecto: COMPACTADORA 17 M3





**ANEXO 3: FORMULAS PARA CARGAS Y COEFICIENTE DE PANDEO**

| <b>VIGA SIMPLE EN VOLADIZO: carga puntual F genérica.</b>                                                |                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                          | <b>Reacciones y solicitaciones</b>                               |
|                                                                                                          | Reacciones: $R_B = F$                                            |
|                                                                                                          | Cortantes: $V_{AC} = 0 \quad V_{CB} = -F$                        |
|                                                                                                          | Flectores: $M_{AC} = 0 \quad M_{CB} = -F(x - a) \quad M_B = -Fb$ |
|                                                                                                          | <b>Deformaciones</b>                                             |
| Giros: $\varphi_C = \varphi_A = \frac{Fb^2}{2EI}$                                                        |                                                                  |
| Elástica: $y_{AC} = \frac{Fb^2}{6EI} [3(L - x) - b] \quad y_{CB} = \frac{F}{6EI} (L - x)^2 (2b - a + x)$ |                                                                  |
| Flechas: $y_C = \frac{Fb^3}{3EI} \quad y_A = \frac{Fb^2}{6EI} (2b + 3a)$                                 |                                                                  |

**VIGA SIMPLE APOYADA: carga uniforme  $q$  en todo el vano.**

 Figura 7: Gráfico de los coeficientes de pandeo  $K$  para bordes no cargados apoyado-apoyado

#### 4 CARGAS CRÍTICAS PARA PLACAS RECTANGULARES

La ecuación (29)-c resulta bastante simple en el caso de una placa rectangular con carga uniforme en los bordes y puede ser resuelta en forma analítica. En casos complejos se debe recurrir a soluciones numéricas.

##### 4.1 Carga compresiva uniforme en una sola dirección

###### 4.1.1 Cuatro bordes simplemente apoyados

En la Figura 5 se muestra una placa rectangular con carga compresiva uniforme sobre el borde  $b$ .

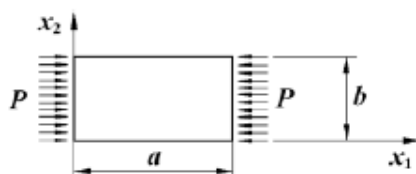




Figura 5: Placa rectangular con carga compresiva uniforme y bordes simplemente apoyados

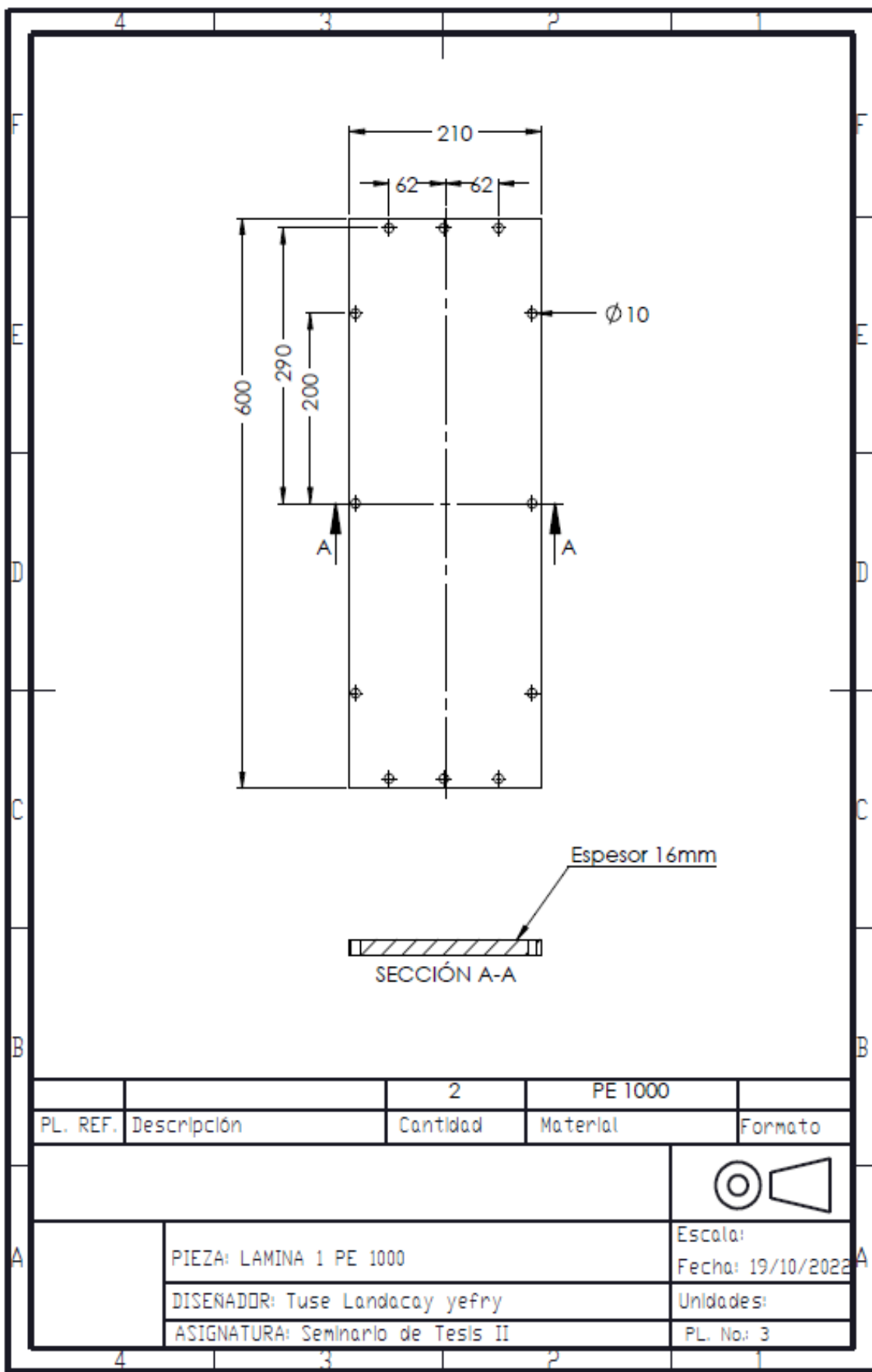
El estado de equilibrio lineal antes de la perturbación es conocido:

$$N_{11}^0 = -\frac{P}{b} \quad N_{22}^0 = 0 \quad N_{12}^0 = 0 \quad (31)$$

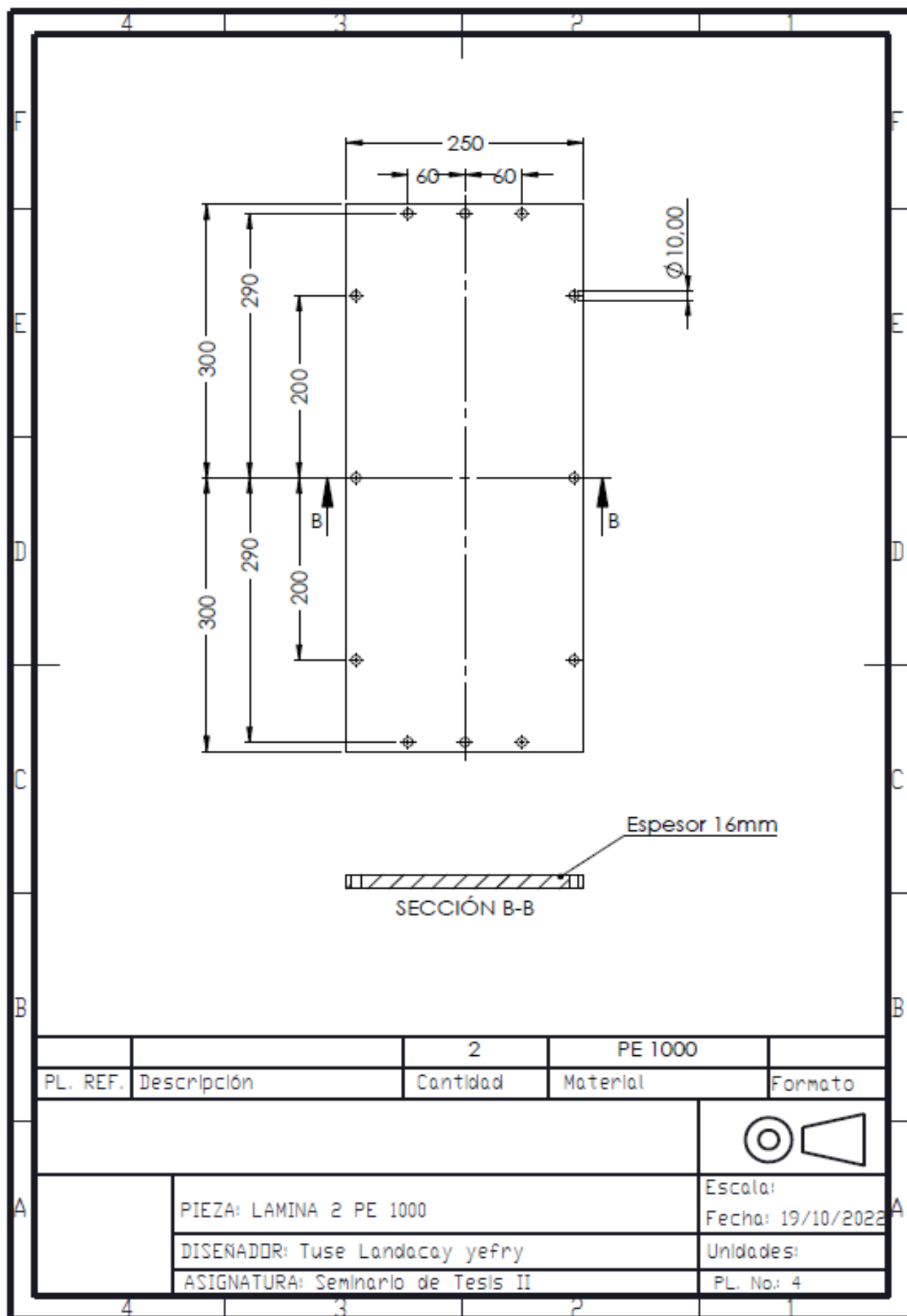
**ANEXO 4: PLANOS**

| ITEM | DESCRIPCION         | CANT | N plano |
|------|---------------------|------|---------|
| 1    | LAMINA 1 PE 1000    | 2    | 3       |
| 2    | LAMINA 2 PE 1000    | 2    | 4       |
| 3    | LAMINA 3 PE 1000    | 1    | 5       |
| 4    | ESTRUCTURA METALICA | 1    | 6       |
| 5    | TORNILLO 6mmx35mm   | 72   | -       |

| PL. REF.                                                      | Descripción                           | Cantidad | Material | Formato                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| COMPONENTES PERTENECIENTE A LA PLATAFORMA INFERIOR MODIFICADA |                                       |          |          |   |
|                                                               | PIEZA: Plataforma Inferior Modificada |          |          | Escala:                                                                                                                                                                     |
|                                                               | DISEÑADOR: Tuse Landacay Yefry        |          |          | Fecha: 19/10/2022                                                                                                                                                           |
|                                                               | ASIGNATURA: Seminario de Tesis II     |          |          | Unidades:                                                                                                                                                                   |
|                                                               |                                       |          |          | PL. No: 2                                                                                                                                                                   |



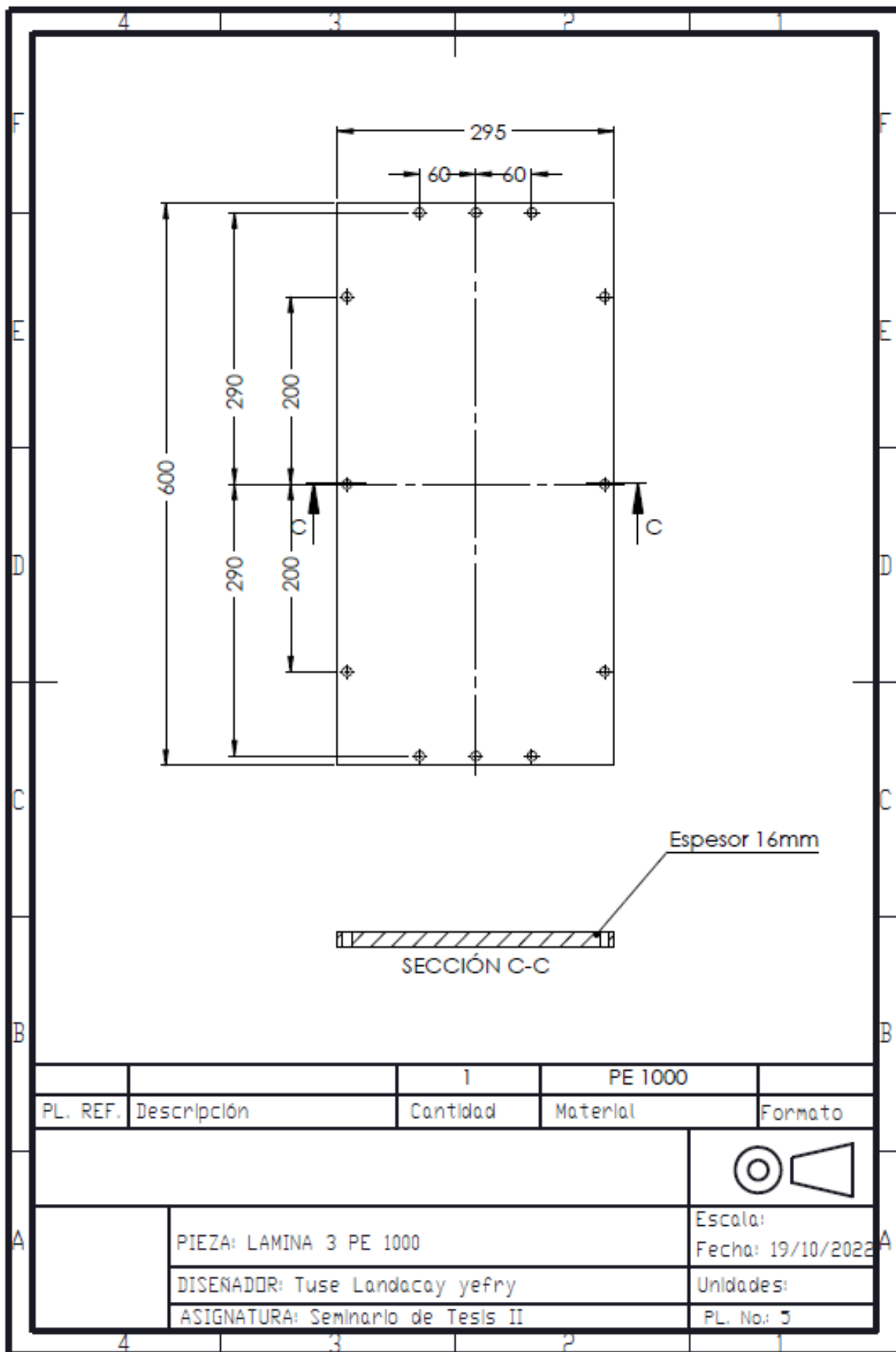
| PL. REF.                          | Descripción | Cantidad | Material          | Formato |
|-----------------------------------|-------------|----------|-------------------|---------|
|                                   |             | 2        | PE 1000           |         |
|                                   |             |          |                   |         |
| PIEZA: LAMINA 1 PE 1000           |             |          | Escala:           |         |
| DISEÑADOR: Tuse Landacay yefry    |             |          | Fecha: 19/10/2022 |         |
| ASIGNATURA: Seminario de Tesis II |             |          | Unidades:         |         |
|                                   |             |          | PL. No: 3         |         |



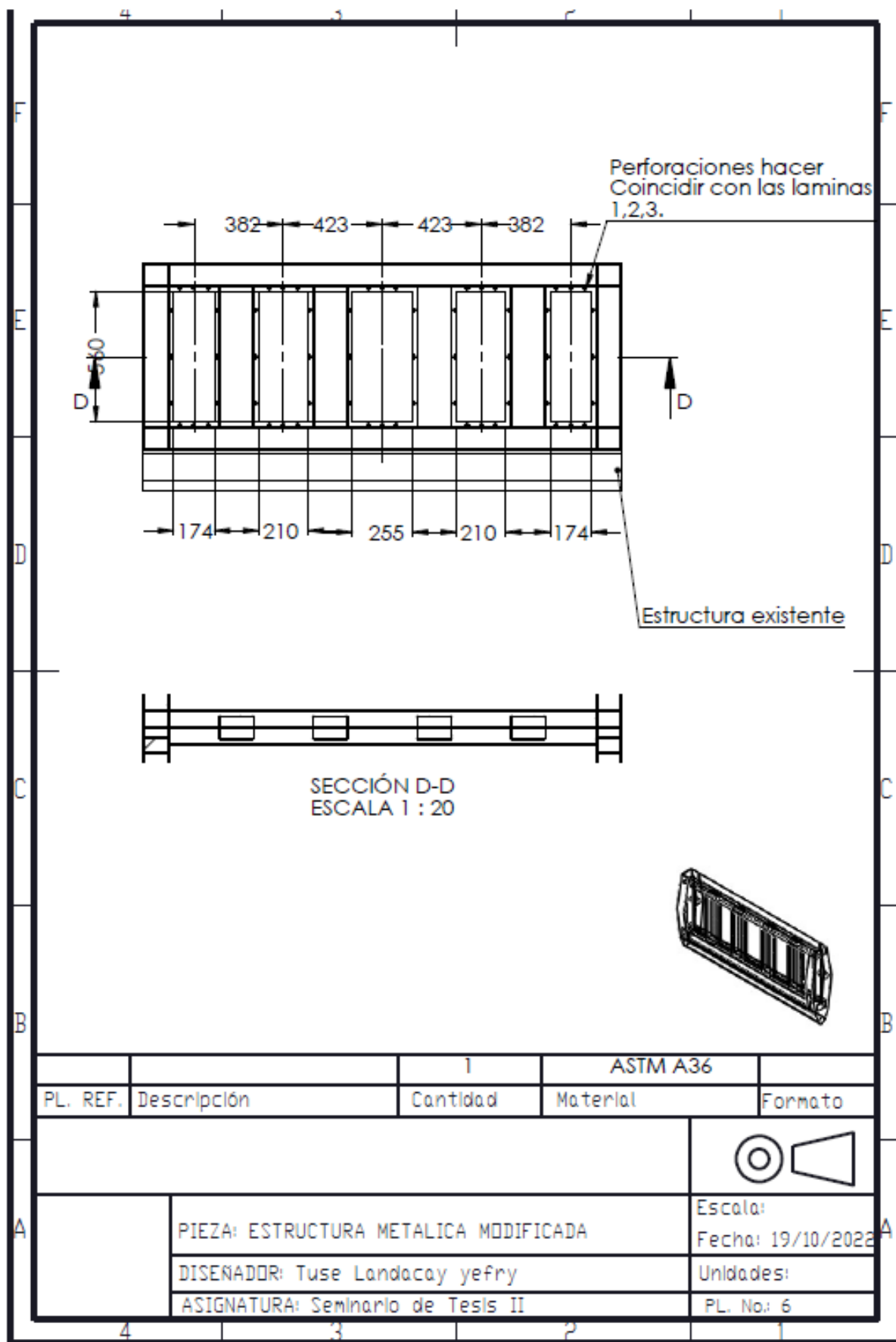
Espesor 16mm

SECCIÓN B-B

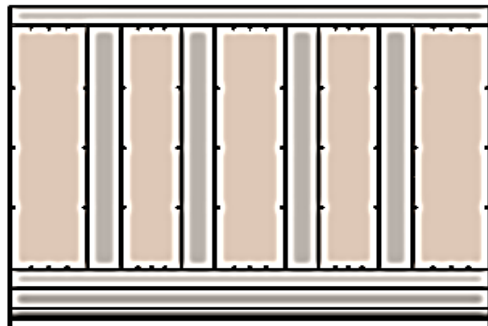
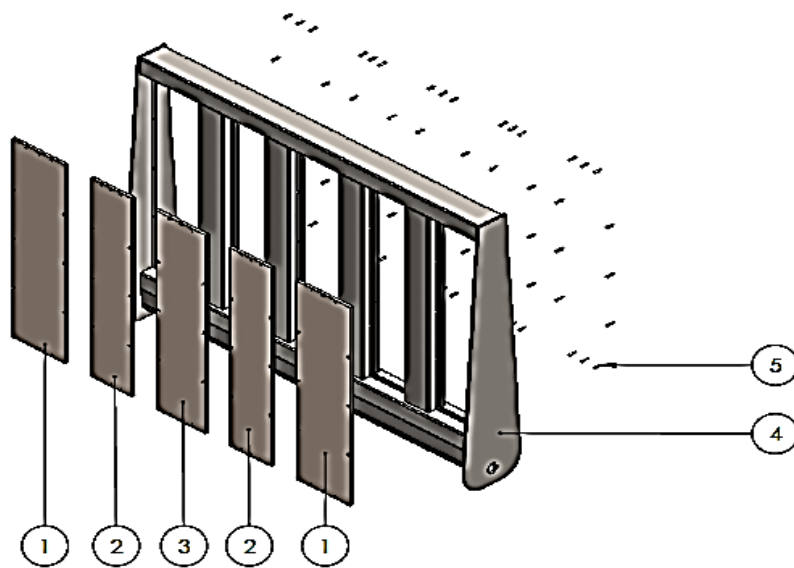
| PL. REF.                          | Descripción | Cantidad | Material | Formato           |
|-----------------------------------|-------------|----------|----------|-------------------|
|                                   |             | 2        | PE 1000  |                   |
|                                   |             |          |          |                   |
| PIEZA: LAMINA 2 PE 1000           |             |          |          | Escala:           |
| DISEÑADOR: Tuse Landacay yefry    |             |          |          | Fecha: 19/10/2022 |
| ASIGNATURA: Seminario de Tesis II |             |          |          | Unidades:         |
|                                   |             |          |          | PL. No.: 4        |



| PL. REF.                          | Descripción | Cantidad | Material | Formato           |
|-----------------------------------|-------------|----------|----------|-------------------|
|                                   |             | 1        | PE 1000  |                   |
|                                   |             |          |          |                   |
| PIEZA: LAMINA 3 PE 1000           |             |          |          | Escala:           |
| DISEÑADOR: Tuse Landacay yefry    |             |          |          | Fecha: 19/10/2022 |
| ASIGNATURA: Seminario de Tesis II |             |          |          | Unidades:         |
|                                   |             |          |          | PL. No: 3         |

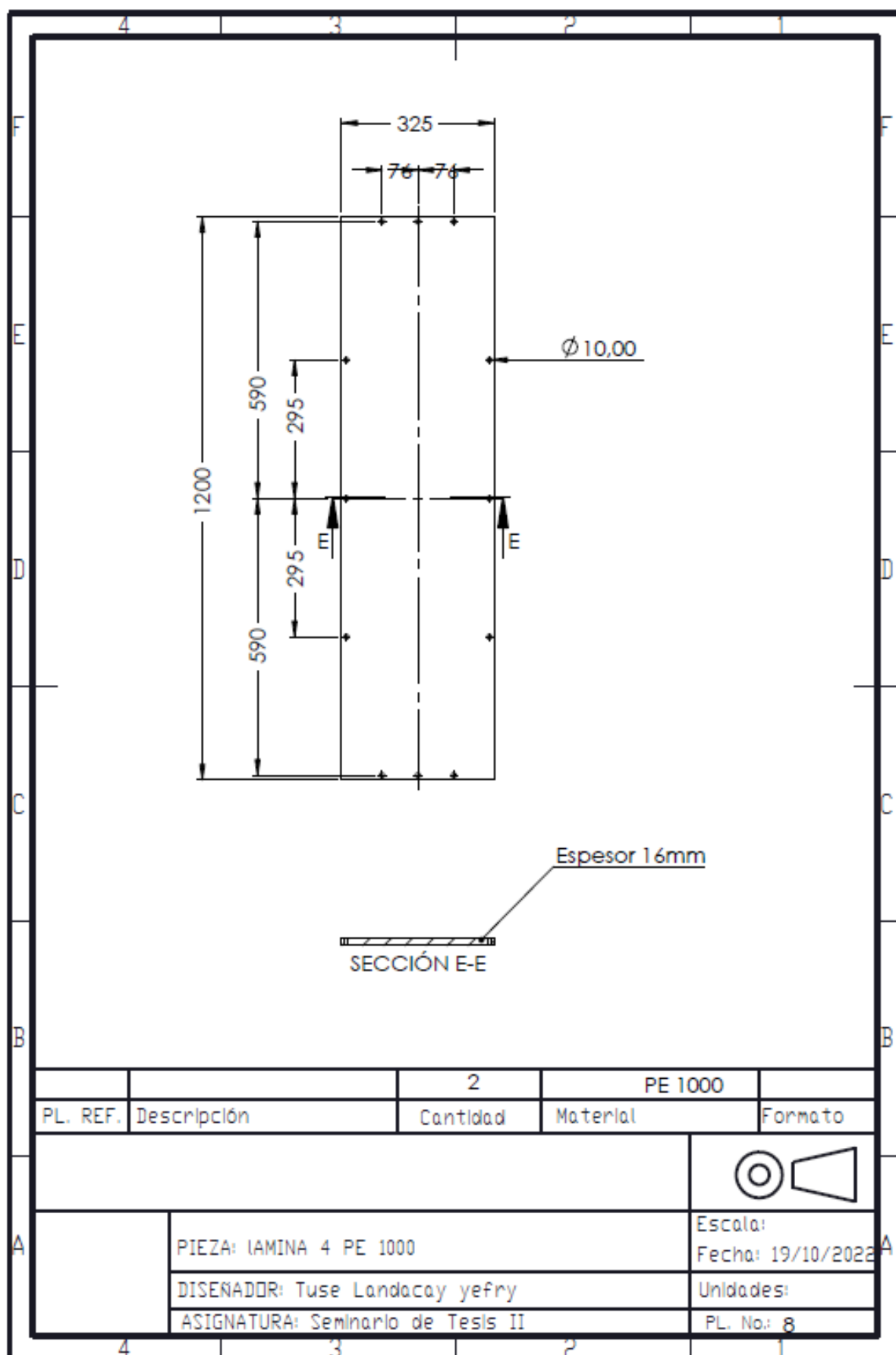


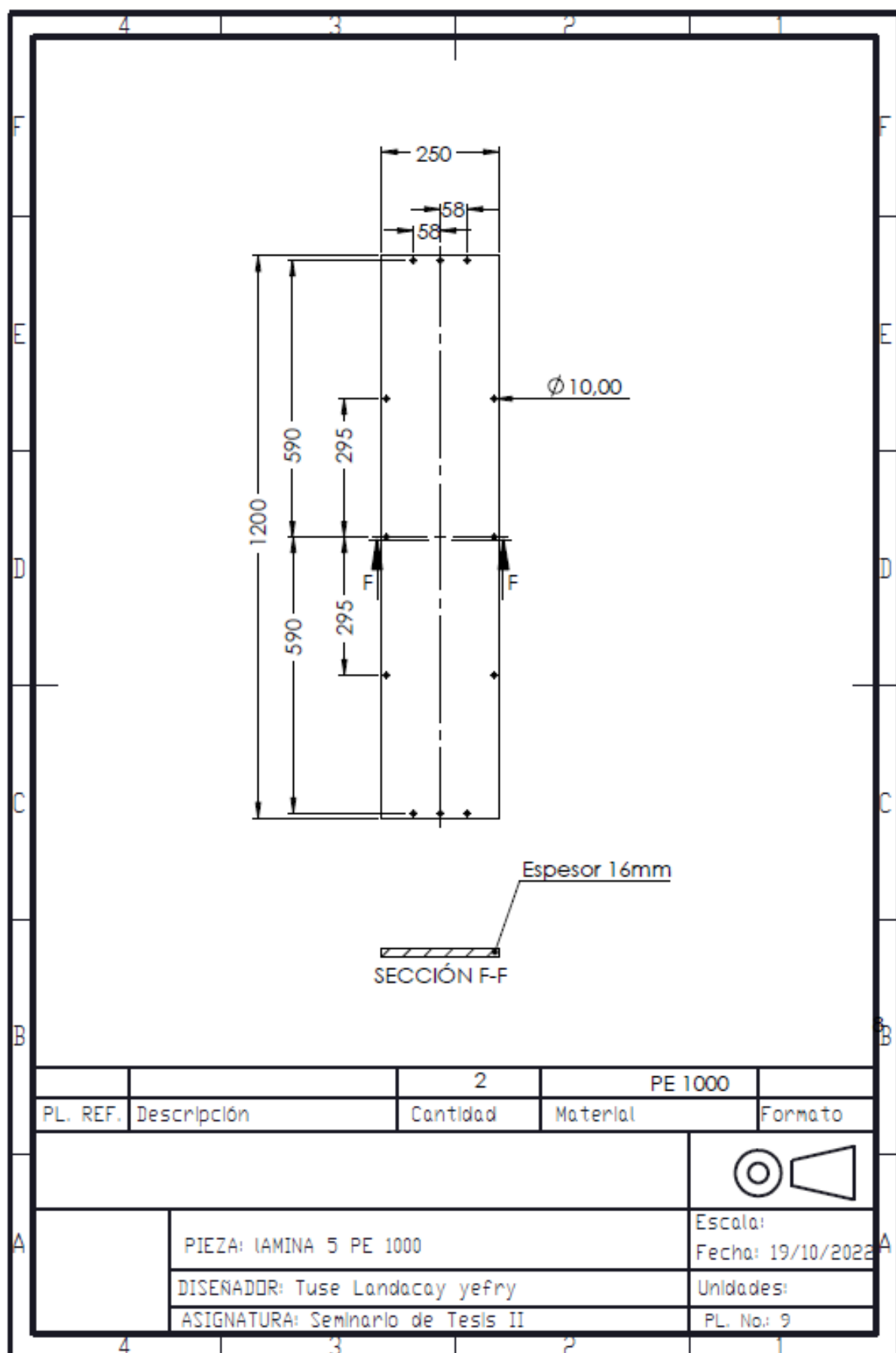
| PL. REF. | Descripción                           | Cantidad          | Material | Formato |
|----------|---------------------------------------|-------------------|----------|---------|
|          |                                       | 1                 | ASTM A36 |         |
|          |                                       |                   |          |         |
| A        | PIEZA: ESTRUCTURA METALICA MODIFICADA | Escala:           |          |         |
|          | DISEÑADOR: Tuse Landacay yefry        | Fecha: 19/10/2022 |          |         |
|          | ASIGNATURA: Seminario de Tesis II     | Unidades:         |          |         |
|          |                                       | PL. No: 6         |          |         |

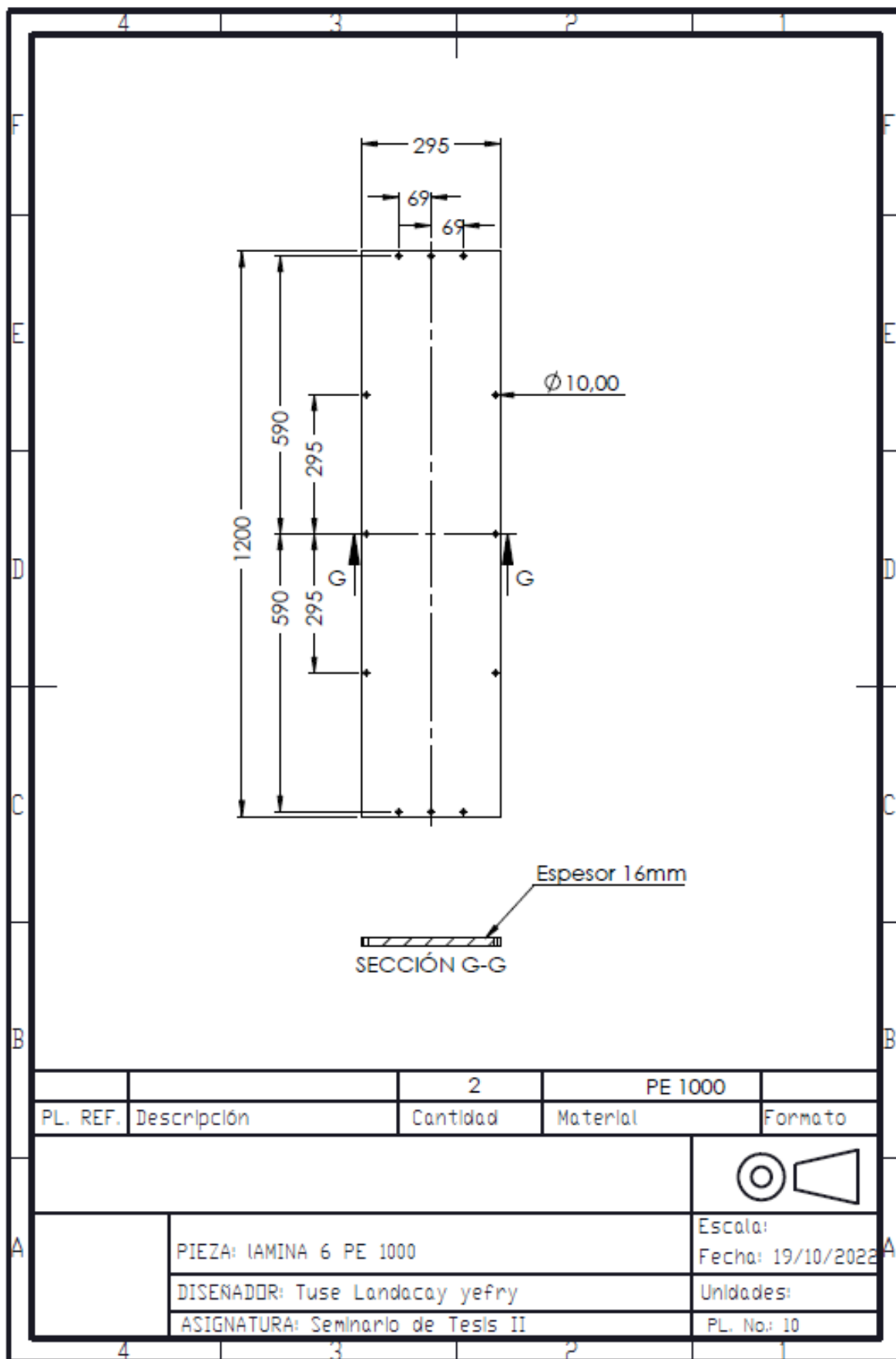


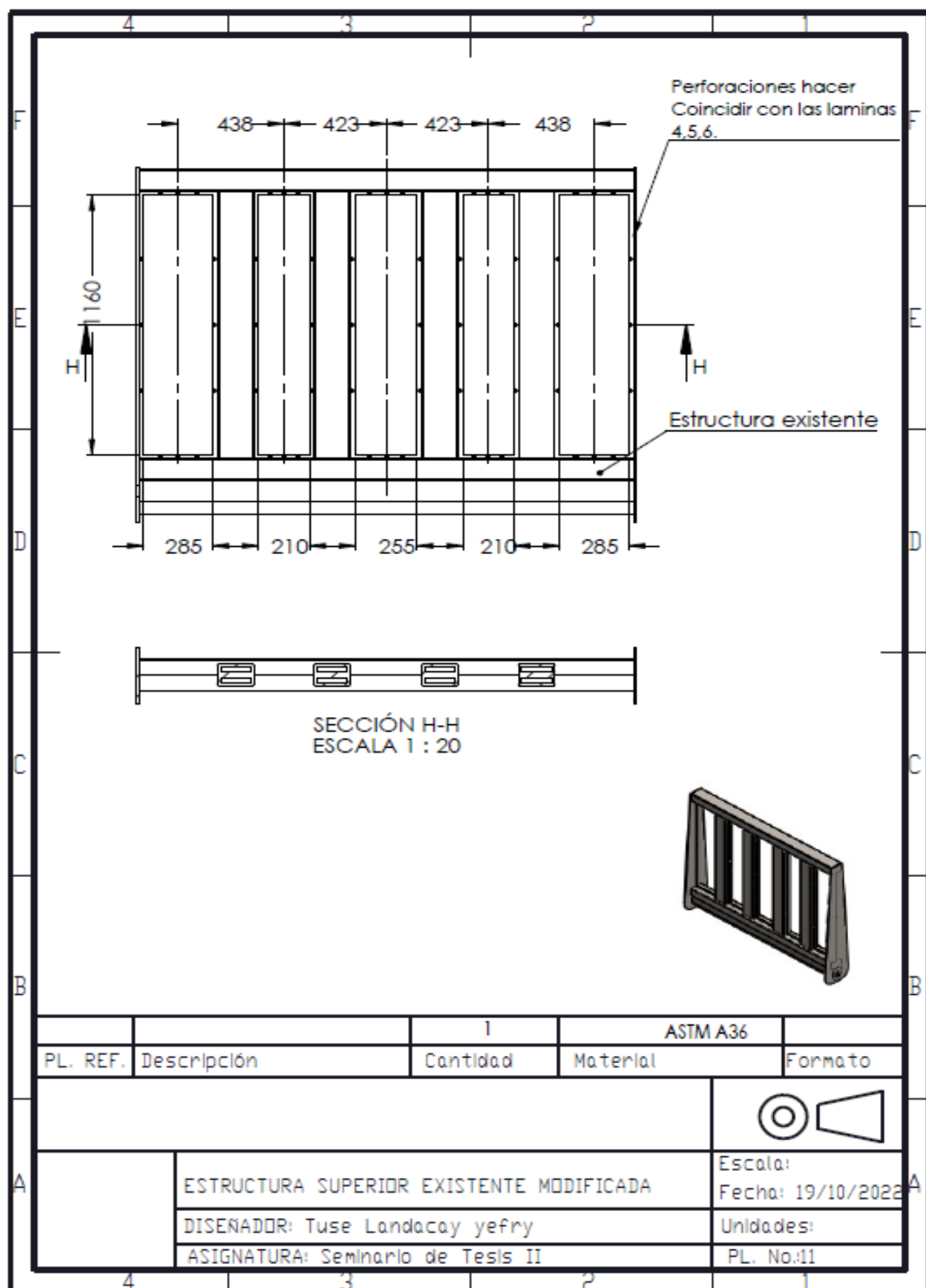
| ITEM | DESCRIPCION         | CANT | N plano |
|------|---------------------|------|---------|
| 1    | LAMINA 4 PE 1000    | 2    | 8       |
| 2    | LAMINA 5 PE 1000    | 2    | 9       |
| 3    | LAMINA 6 PE 1000    | 1    | 10      |
| 4    | ESTRUCTURA METALICA | 1    | 11      |
| 5    | TORNILLERIA         | 60   |         |

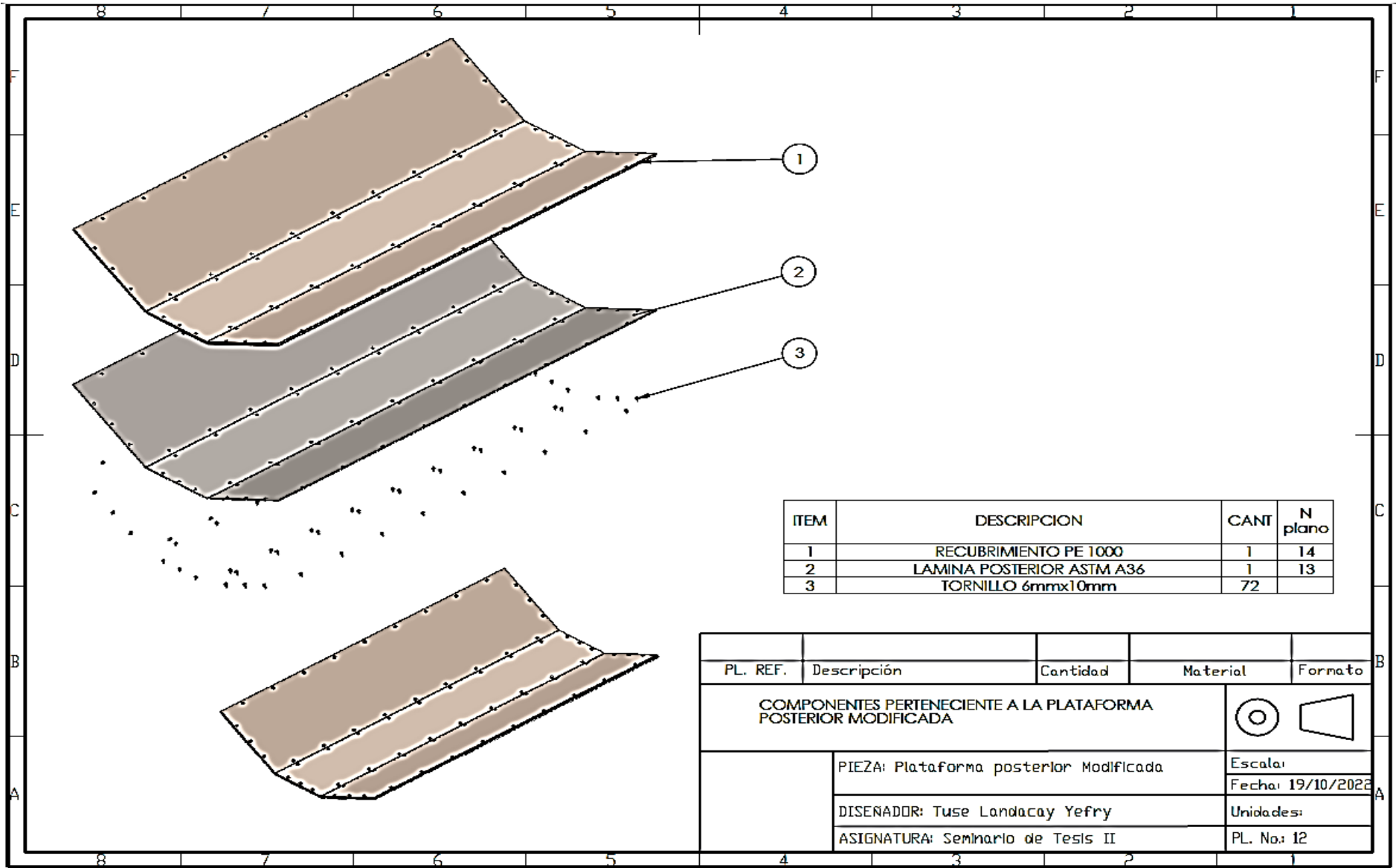
| PL. REF.                                                             | Descripción                           | Cantidad | Material   | Formato           |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|------------|-------------------|
| <b>COMPONENTES PERTENECIENTE A LA PLATAFORMA SUPERIOR MODIFICADA</b> |                                       |          |            |                   |
|                                                                      | PIEZA: Plataforma superior Modificada |          | Escala:    | Fecha: 19/10/2022 |
|                                                                      | DISENADOR: Tuse Landacay Yefry        |          | Unidades:  |                   |
|                                                                      | ASIGNATURA: Seminario de Tesis II     |          | PL. No.: 7 |                   |







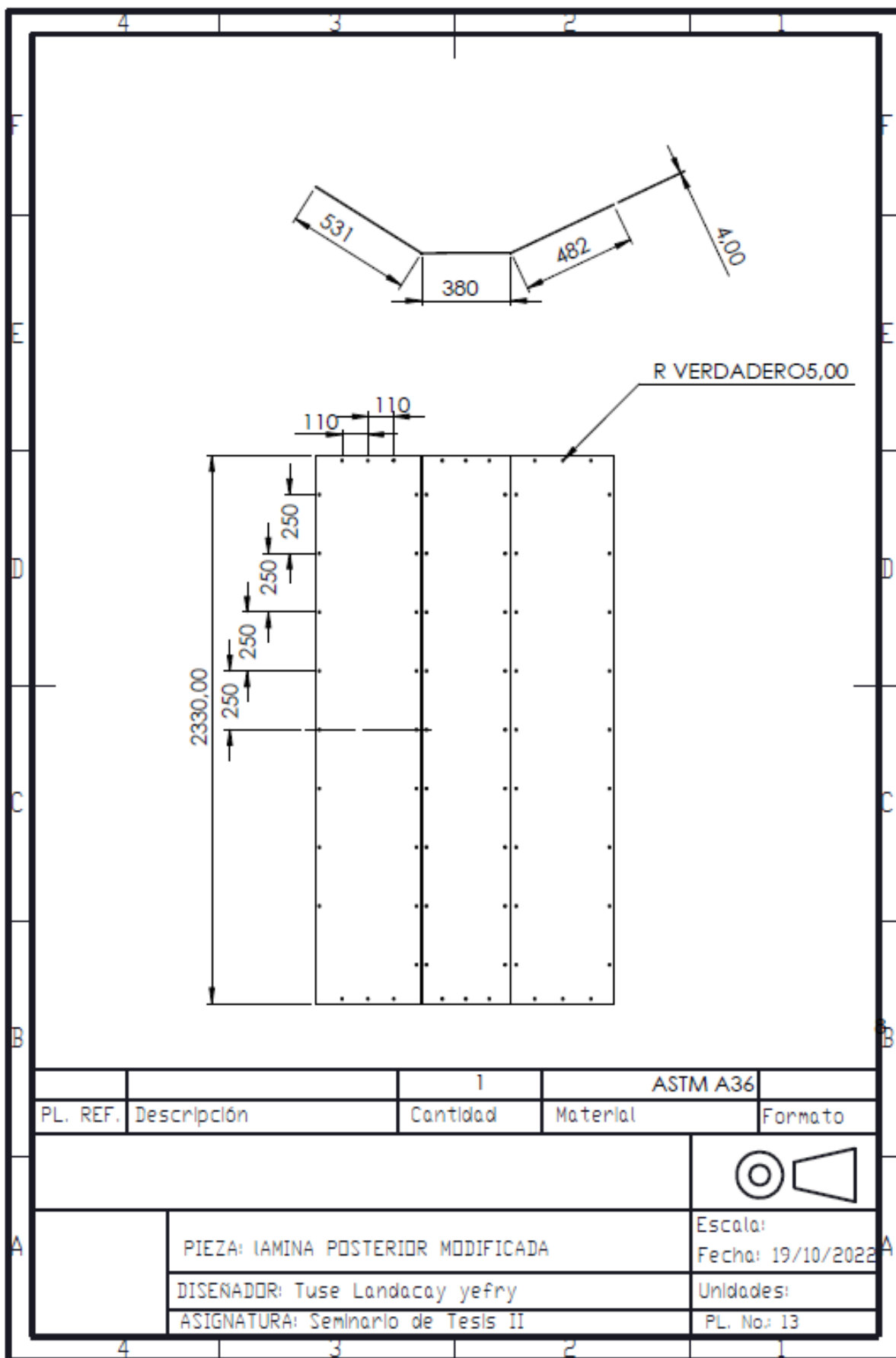




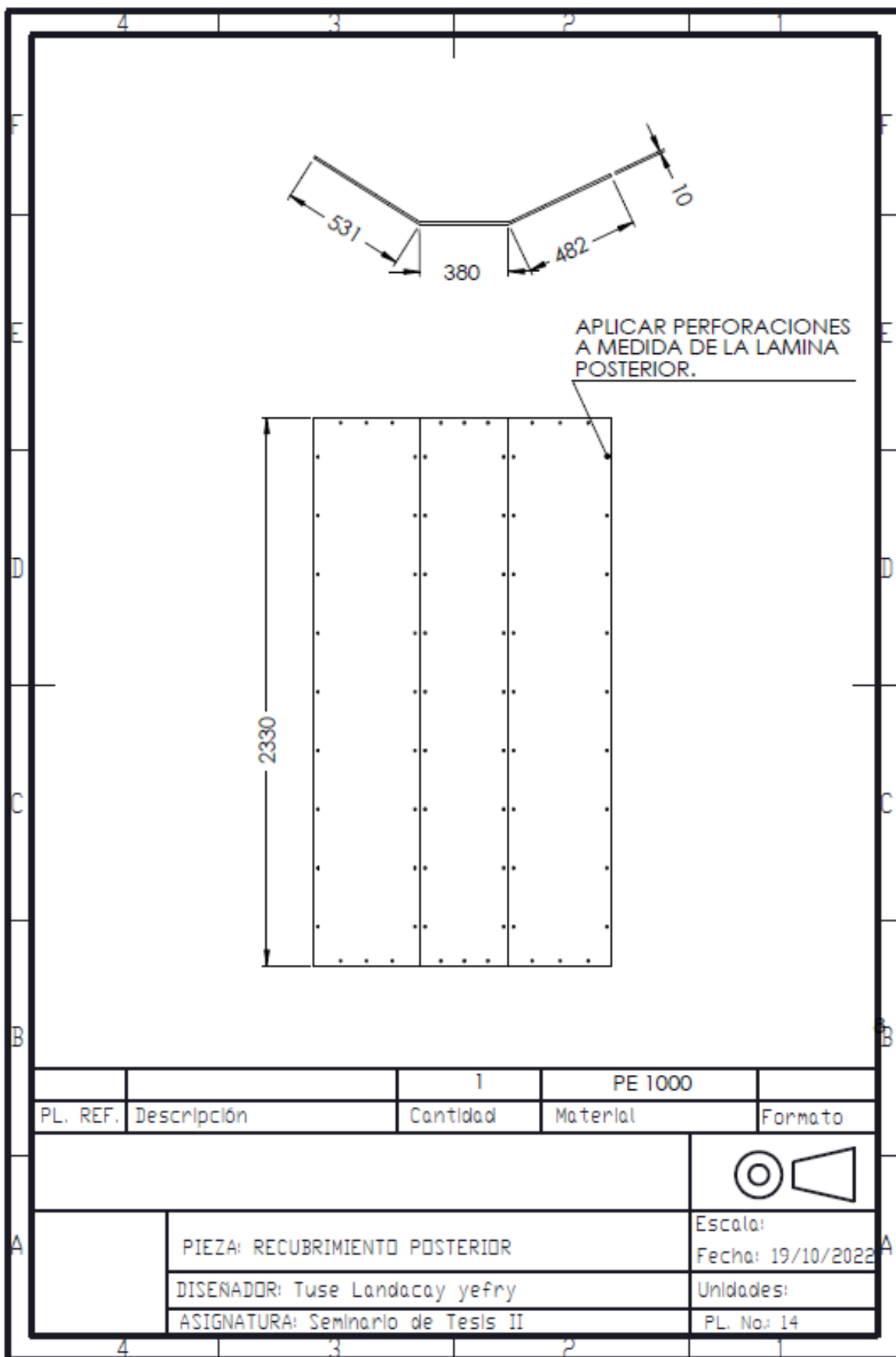


| ITEM | DESCRIPCION               | CANT | N plano |
|------|---------------------------|------|---------|
| 1    | RECUBRIMIENTO PE 1000     | 1    | 14      |
| 2    | LAMINA POSTERIOR ASTM A36 | 1    | 13      |
| 3    | TORNILLO 6mmx10mm         | 72   |         |

| PL. REF.                                                       | Descripción                            | Cantidad | Material          | Formato                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| COMPONENTES PERTENECIENTE A LA PLATAFORMA POSTERIOR MODIFICADA |                                        |          |                   |   |
|                                                                | PIEZA: Plataforma posterior Modificada |          | Escala:           |                                                                                                                                                                             |
|                                                                |                                        |          | Fecha: 19/10/2022 |                                                                                                                                                                             |
|                                                                | DISEÑADOR: Tuse Landacay Yefry         |          | Unidades:         |                                                                                                                                                                             |
|                                                                | ASIGNATURA: Seminario de Tesis II      |          | PL. No: 12        |                                                                                                                                                                             |



| PL. REF.                           | Descripción | Cantidad | Material          | Formato |
|------------------------------------|-------------|----------|-------------------|---------|
|                                    |             | 1        | ASTM A36          |         |
|                                    |             |          |                   |         |
| PIEZA: IAMINA POSTERIOR MODIFICADA |             |          | Escala:           |         |
| DISEÑADOR: Tuse Landacay yefry     |             |          | Fecha: 19/10/2022 |         |
| ASIGNATURA: Seminario de Tesis II  |             |          | Unidades:         |         |
|                                    |             |          | PL. No: 13        |         |



| PL. REF. | Descripción                       | Cantidad | Material | Formato           |
|----------|-----------------------------------|----------|----------|-------------------|
|          |                                   | 1        | PE 1000  |                   |
|          |                                   |          |          |                   |
|          | PIEZA: RECUBRIMIENTO POSTERIOR    |          |          | Escala:           |
|          | DISEÑADOR: Tuse Landacay yefry    |          |          | Fecha: 19/10/2022 |
|          | ASIGNATURA: Seminario de Tesis II |          |          | Unidades:         |
|          |                                   |          |          | PL. No: 14        |