



**UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE LIJADO PARA EL  
ÁREA DE PINTURA DE LA EMPRESA CIUDAD DEL AUTO CIAUTO CÍA.  
LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

---

**AUTOR:** Diego Esteban Moya Carranza

**TUTOR:** Ing. Juan Francisco Correa Jácome, Ph.D.

**AMBATO – ECUADOR**

**Enero – 2024**

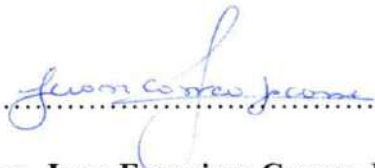
## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención de Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE LIJADO PARA EL ÁREA DE PINTURA DE LA EMPRESA CIUDAD DEL AUTO CIAUTO CÍA. LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, elaborado por el Sr. Diego Esteban Moya Carranza portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805474093, estudiante de la Carrera de Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, enero 2024



.....

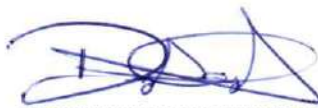
**Ing. Juan Francisco Correa Jácome, Ph.D.**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, **Diego Esteban Moya Carranza**, con C.I. **1805474093**, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico denominado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE LIJADO PARA EL ÁREA DE PINTURA DE LA EMPRESA CIUDAD DEL AUTO CIAUTO CÍA. LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, así como sus análisis, gráficos, diseño, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, enero 2024



.....  
**Diego Esteban Moya Carranza**

**C.I. 1805474093**

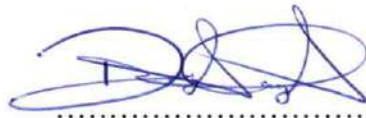
**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que haga de este proyecto técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, enero 2024



.....

**Diego Esteban Moya Carranza**

**C.I. 1805474093**

**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Diego Esteban Moya Carranza de la Carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE LIJADO PARA EL ÁREA DE PINTURA DE LA EMPRESA CIUDAD DEL AUTO CIAUTO CÍA. LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

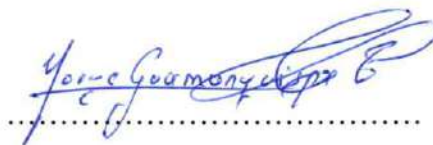
Ambato, enero 2024

Para constancia firman:



Ing. Diego Fernando Núñez Núñez Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**



Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

A mi familia por ser mi motivación para seguir adelante, estar presente en todos los momentos buenos y malos, y por su apoyo incondicional. A mi abuelo Leoncio por su ejemplo de superación, liderazgo y amor. A mi madre por su amor y su fuerza para enseñarme a caminar hacia adelante. Y a mi hermano Paúl por ser mi compañero y mi amigo, por ser mi ejemplo y protector, por su ayuda y enseñanza constante.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi familia por ser el sustento y el apoyo para alcanzar mis metas, por darme amor y alegría.

Agradezco a mis hermanos por ser mis compañeros de estudio y aprendizaje de emociones y valores.

Agradezco al Ing. Juan Correa por su guía y apoyo constante en el proceso de formación y culminación de la carrera mediante su experiencia y sabiduría.

Agradezco a mi compañero de carrera y mejor amigo por su apoyo mucho más allá del ámbito educativo.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

|   |      |
|---|------|
| APROBACIÓN DEL TUTOR.....                               | ii   |
| AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....                 | iii  |
| DERECHOS DE AUTOR.....                                  | iv   |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....                  | v    |
| DEDICATORIA .....                                       | vi   |
| AGRADECIMIENTOS .....                                   | vii  |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....                       | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                  | xii  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                  | xiv  |
| RESUMEN EJECUTIVO .....                                 | xv   |
| ABSTRACT.....   | xvi  |
| CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO .....                        | 1    |
| 1.1    Antecedentes investigativos .....                | 1    |
| 1.1.1    Antecedentes .....                             | 1    |
| 1.1.2    Justificación.....                             | 2    |
| 1.2    Objetivos.....                                   | 3    |
| 1.2.1    Objetivo General .....                         | 3    |
| 1.2.2    Objetivos Específicos.....                     | 3    |
| 1.3    Fundamentación teórica.....                      | 3    |
| 1.3.1    Norma de diseño .....                          | 3    |
| 1.3.2    Cabina de lijado.....                          | 5    |
| 1.3.3    Importancia de las cabinas de aspiración ..... | 6    |
| 1.3.4    Tipos de cabinas de aspiración.....            | 6    |
| 1.3.5    Flujo de aire en ductos .....                  | 8    |
| 1.3.6    Ductos rectangulares .....                     | 9    |



|                                 |  |    |
|---------------------------------|--|----|
| 1.3.7                           | Ventiladores .....   | 10 |
| 1.3.8                           | Iluminación de la cabina .....                                     | 12 |
| CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA ..... |  | 14 |
| 2.1                             | Dimensiones de los vehículos .....                                 | 15 |
| 2.2                             | Requerimientos para la construcción.....                           | 16 |
| 2.3                             | Materiales .....   | 18 |
| 2.3.1                           | Acero ASTM A36.....  | 18 |
| 2.3.2                           | Planchas de acero galvanizado .....                                | 20 |
| 2.3.3                           | Varilla de acero.....  | 20 |
| 2.4                             | Requerimientos para el diseño.....                                 | 21 |
| 2.4.1                           | Estructura metálica .....  | 21 |
| 2.4.2                           | Ductos de aire y equipos de extracción e inyección .....           | 23 |
| 2.4.3                           | Inyector y extractor de aire .....                                 | 24 |
| 2.5                             | Equipos a utilizar.....  | 25 |
| 2.5.1                           | Dobladora y cortadora .....  | 25 |
| 2.5.2                           | Equipos de soldadura.....  | 26 |
| 2.5.3                           | Equipo de diseño y cálculo .....                                   | 28 |
| 2.6                             | Fórmulas para utilizar en el diseño.....                           | 28 |
| 2.6.1                           | Volumen.....   | 28 |
| 2.6.2                           | Carga admisible para columnas .....                                | 29 |
| 2.6.3                           | Factor de seguridad.....   | 30 |
| 2.6.4                           | Diámetro equivalente para ductos rectangulares .....               | 30 |
| 2.6.5                           | Pérdidas de energía en ductos.....                                 | 31 |
| 2.6.6                           | Caudal de inyección y rapidez de flujo volumétrico limitante ..... | 32 |
| 2.7                             | Nivel o tipo de investigación.....                                 | 33 |
| 2.7.1                           | Bibliográfico .....  | 33 |
| 2.7.2                           | Exploratorio .....   | 33 |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 2.8  | Metodología aplicada al proyecto .....                            | 34 |
| 2.8.1  | Etapas del desarrollo del proyecto .....                          | 35 |
| CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....        |   | 36 |
| 3.1  | Análisis del flujo productivo en el área de lijado .....          | 36 |
| 3.2  | Análisis del espacio en el área de pintura.....                   | 37 |
| 3.2.1  | Cálculos técnicos .....   | 39 |
| 3.3  | Diseño de la cabina de lijado.....                                | 39 |
| 3.4  | Diseño de sistemas de inyección y extracción de aire.....         | 44 |
| 3.4.1  | Cálculo del caudal de inyección de aire.....                      | 44 |
| 3.4.2  | Ductos de inyección.....  | 44 |
| 3.4.3  | Ductos de extracción.....   | 45 |
| 3.4.4  | Pérdidas por fricción en ductos.....                              | 47 |
| 3.4.5  | Pérdidas dinámicas en ductos .....                                | 50 |
| 3.4.6  | Pérdidas totales en ductos .....                                  | 51 |
| 3.4.7  | Selección de los ventiladores .....                               | 52 |
| 3.5  | Construcción de la cabina de lijado.....                          | 55 |
| 3.5.1  | Presupuesto .....   | 56 |
| 3.5.2  | Proceso de construcción.....                                      | 57 |
| 3.5.3  | Comparación entre el diseño real y la simulación en software..... | 60 |
| 3.5.4  | Verificación del funcionamiento de la cabina de lijado .....      | 61 |
| CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... |   | 64 |
| 4.1  | Conclusiones.....   | 64 |
| 4.2  | Recomendaciones .....   | 65 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                  |   | 66 |
| ANEXOS.....  |   | 70 |
|  | Anexo 1. Especificaciones técnicas del modelo Wingle 7 .....      | 71 |
|  | Anexo 2. Especificaciones técnicas del modelo Haval .....         | 71 |

|   |    |
|---|----|
| Anexo 3. Especificaciones técnicas del modelo X30 Cargo .....                       | 72 |
| Anexo 4. Esfuerzos admisibles para elementos sometidos a compresión acero A36 ..... | 72 |
| Anexo 5. Características de platinas y cuadrados .....                              | 73 |
| Anexo 6. Propiedades físicas del aire .....   | 74 |
| Anexo 7. Rugosidad absoluta de distintos materiales .....                           | 74 |
| Anexo 8. Planos.....  | 74 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Cabina de flujo vertical [6].  | 7  |
| Figura 2. Cabina de flujo horizontal [6].  | 7  |
| Figura 3. Cabina de flujo semivertical [6].  | 8  |
| Figura 4. Pérdida por fricción en ductos (unidades del SI) [8].                    | 9  |
| Figura 5. Diámetros circulares equivalentes para ductos rectangulares [8].         | 10 |
| Figura 6. Ventilador de ducto[9].  | 11 |
| Figura 7. Iluminación de una cabina de lijado [11].                                | 12 |
| Figura 8. Actores en el proceso de diseño [13].                                    | 14 |
| Figura 9. Wingle 7 [15].   | 15 |
| Figura 10. X30 Cargo [15].   | 16 |
| Figura 11. UV Haval All New H2 Jolion [15].  | 16 |
| Figura 12. Factores de longitud efectiva para columnas [19].                       | 22 |
| Figura 13. Control de deformaciones con el factor de seguridad [20].               | 23 |
| Figura 14. Ventilador axial para montaje en ducto [9].                             | 25 |
| Figura 15. Dobladora, Roladora Y Cortadora De Lámina [22].                         | 26 |
| Figura 16. Diagrama esquemático del proceso de soldadura [23].                     | 27 |
| Figura 17. Equipo de soldadura SMAW [23].  | 27 |
| Figura 18. Etapas del desarrollo del proyecto.                                     | 35 |
| Figura 19. Tiempos y etapas del proceso de lijado (PAX=cantidad de personas).      | 36 |
| Figura 20. Zona de espera de las unidades previo a la implementación de la cabina. | 37 |
| Figura 21. Zona designada para la ejecución del proyecto.                          | 38 |
| Figura 22. Cabina de lijado adjunta (existente).                                   | 38 |
| Figura 23. Boceto de la estructura metálica.                                       | 40 |
| Figura 24. Ensamble del perfil estructural.  | 40 |
| Figura 25. Asignación de cargas para la estructura de la cabina.                   | 42 |
| Figura 26. Desplazamiento máximo en la estructura.                                 | 42 |
| Figura 27. Esfuerzo máximo admisible en la estructura.                             | 43 |
| Figura 28. Factor de seguridad de la estructura.                                   | 43 |
| Figura 29. Diseño de ductos de inyección.  | 44 |
| Figura 30. Simulación trayectoria de ingreso de aire.                              | 45 |
| Figura 31. Diseño de los ductos de extracción.                                     | 46 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 32. Ubicación de los ductos de extracción dentro de la cabina de lijado. ....                       | 46 |
| Figura 33. Identificación numérica de secciones de ducto y accesorios de los ductos de inyección. ....     | 47 |
| Figura 34. Identificación numérica de secciones de ducto y accesorios de los ductos de extracción. ....    | 48 |
| Figura 35. Pérdida por fricción en ductos de 60 x 60 cm. ....  | 49 |
| Figura 36. Selección del tipo de ventilador helicoidal tubular, con motor exterior marca SODECA [26]. .... | 53 |
| Figura 37. Selección del tipo de extractor axial tubular de alta presión marca SODECA [26]. ....           | 54 |
| Figura 38. Frente de la cabina de lijado diseño real. ....   | 60 |
| Figura 39. Parte superior de la cabina de lijado diseño real. ....   | 60 |
| Figura 40. Cabina de lijado diseño en software. ....   | 61 |
| Figura 41. Unidades y trabajadores dentro de la cabina de lijado. ....                                     | 61 |
| Figura 42. Velocidad del aire en el interior de la cabina medido con un anemómetro. ....                   | 62 |
| Figura 43. Velocidad del aire en los filtros de extracción en el interior de la cabina. ....               | 62 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación y propiedades de los tubos de acero [5].   | 5  |
| Tabla 2. Dimensiones de los vehículos.  | 15 |
| Tabla 3. Materiales e insumos para la construcción.   | 17 |
| Tabla 4. Composición química del acero estructural A36 [16].  | 19 |
| Tabla 5. Propiedades mecánicas del acero A36 [17].  | 19 |
| Tabla 6. Propiedades mecánicas acero galvanizado [18].  | 20 |
| Tabla 7. Ejemplos de factores de pérdida para accesorios de ductos [8].   | 24 |
| Tabla 8. Característica del computador portátil.  | 28 |
| Tabla 9. Bitácora de número de unidades procesadas en un día en la etapa de lijado previo a la implementación de la cabina. | 37 |
| Tabla 10. Dimensiones de la cabina de lijado.   | 39 |
| Tabla 11. Componentes estructurales de la cabina de lijado.   | 41 |
| Tabla 12. Cargas presentes en el techo de la estructura.  | 41 |
| Tabla 13. Diámetros equivalentes de los tramos de los ductos de inyección y extracción.                                     | 48 |
| Tabla 14. Valores de pérdida de energía en cada sección de los ductos.  | 50 |
| Tabla 15. Valores de pérdidas dinámicas en cada accesorio.  | 51 |
| Tabla 16. Pérdidas de energía totales en ductos.  | 52 |
| Tabla 17. Valores de pérdidas de energía en unidades de energía por unidad de peso.   | 52 |
| Tabla 18. Valores de caudal según las pérdidas de energía a lo largo de los ductos de cada sistema de flujo de aire.        | 53 |
| Tabla 19. Características técnicas del ventilador helicoidal tubular y extractor axial tubular de alta presión [26].        | 55 |
| Tabla 20. Presupuesto para la construcción de la cabina de lijado.  | 56 |
| Tabla 21. Proceso de construcción de la cabina de lijado.   | 57 |
| Tabla 22. Bitácora de número de unidades procesadas en un día en la etapa de lijado con la nueva cabina.                    | 63 |

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto técnico surge de la necesidad de solucionar el problema de flujo productivo en el área de pintura de la empresa Ciudad del Auto Ciauto Cía. Ltda. A partir de la expansión en equipos y espacio, se han generado tiempos muertos en el área de lijado y no se logra cumplir con la cuota de unidades diarias que deben pasar por este proceso. Debido a ello, se pretende implementar una cabina de lijado adicional en el área que responda al espacio disponible y la dirección del flujo productivo.

Inicialmente, se analizó el flujo productivo y el espacio del área de pintura para poder asignar la zona donde se construirá la cabina de lijado. Una vez designada la zona, a través de una investigación del funcionamiento de una cabina de lijado, se procedió a diseñar la estructura de la cabina con las dimensiones correspondientes. Se seleccionaron materiales y métodos de inyección y extracción del aire de manera que se aproveche el espacio y los equipos ya instalados en la planta. Una vez aprobado el diseño, se procedió a construir la cabina cumpliendo con los parámetros planteados en el diseño y adecuando parte de la infraestructura existente.

La implementación de la cabina de lijado representó una mejora considerable para el flujo productivo del área, pues se logró cubrir y superar la cuota de producción en la zona de lijado. El espacio donde se construyó la cabina fue aprovechado para contribuir con la producción brindando herramientas para los trabajadores del área.

**Palabras clave:** cabina de lijado, flujo productivo, diseño mecánico, implementación, simulación.

## ABSTRACT

This technical project arises from the need to solve the problem of production flow in the painting area of the company Ciudad del Auto Ciauto Cia Ltda. Due to the expansion in equipment and space, dead times have been generated in the sanding area and it is not possible to meet the quota of daily units that must go through this process. Because of this, it is intended to implement an additional sanding booth in the area that responds to the available space and the direction of the production flow.

Initially, the production flow and the space in the painting area were analyzed to assign the area where the sanding booth will be built. Once the area was designated, through an investigation of the operation of a sanding booth, its structure was designed with the corresponding dimensions. Materials and methods of air injection and extraction were selected to take advantage of the space and equipment already installed in the plant. Once the design was approved, the cabin was built in compliance with the parameters established in the design and adapting part of the existing infrastructure.

The implementation of the sanding booth represented a considerable improvement in the production flow of the area since the production quota in the sanding area was covered and exceeded. The space where the cabin was built was used to contribute to production by providing tools for the workers in the area.

**Keywords:** sanding booth, production flow, mechanical design, implementation, simulation.



## **CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Antecedentes investigativos**

#### **1.1.1 Antecedentes**

El presente proyecto técnico está desarrollado en base a fuentes bibliográficas de proyectos afines que han sido útiles para el estudio de procesos productivos, flujos de producción, normas y procesos para el diseño mecánico de estructuras y sistemas. Los registros que lleva la empresa de sus operaciones también están incluidos como documentos de apoyo. Todas estas fuentes han sido tomadas como referencia incluyendo proyectos técnicos e investigativos previos, artículos científicos tanto nacionales como internacionales obteniendo los datos que se describen a continuación.

El diseño y estudio de los componentes y comportamiento de una cabina de pulido para la empresa privada Metalmeida Cía. Ltda. como parte del proceso de pintura expone diversos estudios que se deben realizar para un diseño acorde a las necesidades del proceso productivo. En base a mediciones y estudios previos, el documento expone que una cabina de lijado debe responder a varios factores como el espacio mínimo que los trabajadores deben tener para cumplir cómodamente con su labor, la iluminación adecuada para que el trabajo de pulido pueda desarrollarse de la mejor manera, dimensiones del espacio de la cabina para el óptimo flujo de aire, y la selección de materiales de construcción. El diseño se lleva a cabo mediante software especializado que permite dimensionar y simular el comportamiento de cada uno de los componentes de la cabina mediante un análisis estático [1].

El diseño y construcción de una cámara de secado para la empresa “Fixauto” en la ciudad de Ambato muestra un diseño basado en el estudio del aire como fluido y sus características físicas para determinar eficiencia en el secado. En el proceso de diseño también se realiza un estudio de cabinas y cuartos limpios determinando dirección de flujo y materiales de construcción. La etapa de diseño fue realizada mediante software especializado que permitió realizar simulaciones que determinaron parámetros para la construcción. Con el estudio, diseño y construcción, el autor concluye que se presentó un aumento en la productividad del 48% [2], [3].

El estudio de tiempos y movimientos en el proceso de ensamblaje de una camioneta de la marca “Great Wall” modelo “Wingle 7” en la empresa Ciauto en la ciudad de Ambato expone varias etapas del proceso en las que se incluyen el área de pintura, el área de lijado y de sellado. En este estudio se concluye que, con el número de áreas de trabajo establecidas en el área de pintura y el número de operadores, se cumple con una producción diaria de 15 vehículos. También, se muestran tiempos de producción en el área de lijado, estudio del flujo productivo y un análisis de distribución de personal en cada una de las áreas [3].

### **1.1.2 Justificación**

El proyecto técnico propuesto surge a partir de la necesidad de mejorar el flujo productivo en el área de pintura de la empresa CIUDAD DEL AUTO CIAUTO CÍA. LTDA. Esta empresa se dedica principalmente al ensamblaje, mantenimiento y reparación de vehículos, la cual tiene ya varios años por lo que su producción es numerosa. En la primera mitad del presente año, la empresa construyó una segunda cabina de pintura lo que causó un mayor flujo productivo, sumado al hecho de que existen insuficientes cabinas de lijado en toda el área de pintura, esto causó un aumento significativo en el tiempo de producción de cada una de las unidades. Debido a este problema de flujo productivo nace la necesidad de implementar una cabina de lijado específica dentro de esta área de acuerdo con las medidas del espacio disponible. El flujo de producción dentro del área de pintura en CIAUTO es continuo en todas sus etapas, al sumarse una sección destinada al lijado aumenta la calidad del producto, pues es necesaria una zona que esté libre de partículas contaminantes [2], sin embargo, sin el número necesario de cabinas de lijado se rompe el flujo continuo, pues las unidades ahora tienen un tiempo de espera para pasar a la sección de lijado, lo que se traduce en mayor tiempo de producción por unidad y por lo tanto, pérdidas económicas.

El proyecto que se propone consiste en el diseño y construcción de una cabina de lijado adaptada al espacio que existe en el área de pintura, que permitirá solucionar el problema de obstrucción del flujo productivo. Debido a lo anteriormente expuesto, se requiere que la implementación de este proyecto sea inmediata en relación con los problemas que se presentan en el área incluyendo la labor de los trabajadores [3].

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar y construir una cabina de lijado para el área de pintura de la empresa Ciudad Del Auto Ciauto Cía. Ltda.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el problema de obstrucción del flujo productivo dentro del área de pintura de la empresa Ciudad Del Auto Ciauto Cía. Ltda.
- Designar el espacio dentro del área de pintura para la implementación de la cabina de lijado.
- Diseñar la cabina de lijado de acuerdo con el espacio designado y a las necesidades del producto mediante la selección de materiales de los componentes, elementos y los equipos que forman parte de la cabina de lijado tomando en cuenta las necesidades del proceso.
- Construir el prototipo de la cabina de lijado en base a las especificaciones del diseño.
- Realizar pruebas con el prototipo y presentar una propuesta de mejoras.

## **1.3 Fundamentación teórica**

Para realizar el diseño y construcción del presente proyecto se ha tomado en cuenta diferentes temas que han dado soporte al mismo, los cuales se exponen a continuación:

### **1.3.1 Norma de diseño**

El diseño de la cabina de lijado debe responder a ciertos parámetros que garantizan que una estructura metálica sea segura, por lo que el desarrollo del mismo está bajo la Norma Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE) y el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero. El RTE establece los requisitos que se deben cumplir en el diseño, fabricación y montaje de los distintos tipos de estructuras elaboradas a partir del acero.

Esta norma corresponde a un reglamento técnico el cual detalla los requisitos que una estructura hecha con materiales de acero debe cumplir con el objetivo de prevenir accidentes que pongan en riesgo la seguridad de personas, seres vivos, propiedad, ambiente, entre otros. [4].

Las estructuras de acero para las que está aplicada esta norma son, generalmente, edificios, galpones, naves industriales y otras que estén constituidas de perfiles, placas, láminas y otros elementos.

Como requisitos generales, la norma establece que: las dimensiones serán representadas en milímetros, el diseño puede realizarse por resistencia admisible (ASD) o por factores de carga y resistencia (LRFD); la materia prima debe estar certificada. Se detallan también las responsabilidades del personal que participa en el proceso de construcción y utilización de la estructura. [4].

Para la selección de los tubos de acero que serán parte de la estructura de la cabina de lijado se utilizó como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 415(2016) “Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales” [5]. Esta norma especifica detalladamente los requisitos que deben cumplir los tubos de acero, ya sea de sección circular, cuadrada o rectangular. La norma está establecida para tubos de hasta 250 mm de diámetro y un espesor de 12 mm.

**Tabla 1.** Clasificación y propiedades de los tubos de acero [5].

| Grado | Descripción              | Límite de fluencia mín. (MPa) | Resistencia a la tracción mín. (Mpa) | Elongación % mín.     |  |                    |
|-------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--|--------------------|
|       |                          |                               |                                      | < a 1.6 mm de espesor | $\geq 1.6$ mm $\leq 2.5$ mm de espesor | >2.5 mm de espesor |
| A     | Tubo Para usos generales | (170)                         | (270)                                | (25)                  | (25)                                   | (25)               |
| B     | Tubos estructurales      | 180                           | 270                                  | 25                    | 25                                     | 25                 |
| C     |                          | 205                           | 340                                  | 21                    | 24                                     | 25                 |
| D     |                          | 250                           | 365                                  | 17                    | 21                                     | 22                 |
| E     |                          | 345                           | 450                                  | 11                    | 16                                     | 17                 |

### 1.3.2 Cabina de lijado

Una cabina de lijado correspondiente a una empresa ensambladora de autos es un espacio de trabajo en la que se realiza un trabajo de pulido que deja un acabado adecuado en los paneles que conforman la carrocería de los vehículos. Mediante este proceso, la superficie de la carrocería queda lista para que pueda ser pintada en una cabina de pintura como la siguiente etapa en la producción.

Una cabina de lijado cuenta con sistemas de inyección y extracción (aspiración) de aire. En [6] se define a una cabina de aspiración como un área de trabajo cerrada parcial o totalmente, la cual está diseñada para proporcionar condiciones ambientales y de trabajo ideales para llevar a cabo un pulido óptimo en las superficies. La función de una cabina de lijado es principalmente crear un espacio con una presión de aire superior a la del exterior mediante los sistemas de inyección y extracción de aire. Esta sobrepresión dentro de la cabina se logra mediante la inyección de un volumen de aire mayor al que se extrae.

### **1.3.3 Importancia de las cabinas de aspiración**

Las cabinas de aspiración y filtrado de polvo son diseñadas para liberar el espacio de trabajo de las partículas residuales generadas durante procesos de corte, lijado y pulido, ya sea de estructuras metálicas, carcasas, madera, entre otros. Este tipo de cabinas funcionan al crear un espacio de trabajo cerrado con paredes laterales y techo, donde se genera un flujo de aire mediante un ventilador. Este flujo de aire arrastra las partículas de polvo residuales hacia los ductos de aspiración, donde un sistema de filtrado retiene las partículas.

### **1.3.4 Tipos de cabinas de aspiración**

Se pueden clasificar a las cabinas de aspiración en cuatro tipos que se relacionan a las necesidades finales industriales del producto. A continuación, se detalla cada tipo:

#### Cabina de aspiración y filtración de polvo con módulos filtrantes

En este tipo de cabina la filtración se realiza con la utilización de filtros clase ePM<sub>10</sub> (ISO 16890) [7]. Consta de paneles laterales que delimitan el espacio de trabajo y permiten trabajar con elementos en su interior.

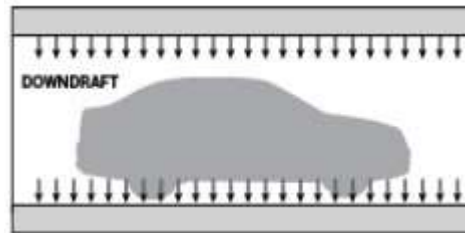
Características principales:

- Aspiración frontal: mediante de rejillas metálicas
- Filtración frontal: con filtros extraíbles clase ePM<sub>10</sub> (ISO 16890)
- Fácil sistema de acceso a los filtros para sustituirlos
- Construcción: El techo y los perfiles laterales están hechos de paneles sándwich prepintados y aislados con poliuretano. Conexiones estructurales y perfiles de soporte
- Cajones para recogida del polvo residual

#### Cabinas de Flujo Vertical

Este tipo de cabina se distingue por tener un flujo de aire que va desde el techo (plenum) hacia el suelo donde se extrae mediante una fosa extractora, como se muestra en la figura 1. Por lo general, se construyen utilizando obra civil para crear la fosa

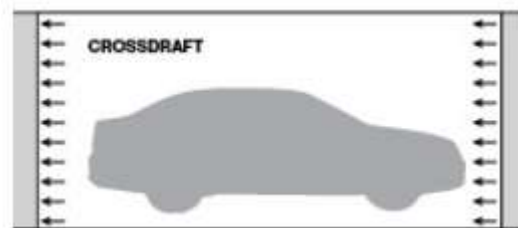
extractora, aunque también se puede elevar la cabina encima del nivel del suelo utilizando estructuras metálicas [6].



**Figura 1.** Cabina de flujo vertical [6].

### Cabinas de Flujo Horizontal

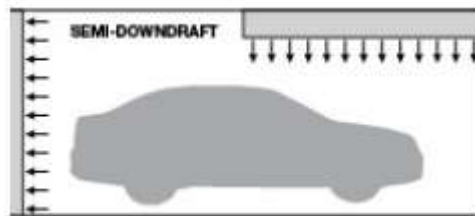
Estas cabinas se caracterizan por tener un flujo de aire que avanza horizontalmente a lo largo del espacio de trabajo, para esta cabina los filtros se encuentran ubicados en la parte trasera de la cabina o en las puertas, dependiendo el caso. Este sistema de corriente de aire ha sido ampliamente utilizado en las primeras cabinas y se emplea especialmente en la pintura de automóviles [6].



**Figura 2.** Cabina de flujo horizontal [6].

### Cabinas de Flujo Semivertical

La principal característica de este último tipo de cabina es la circulación de aire combinada, en la que se utiliza un flujo vertical y un flujo horizontal. En este caso, el volumen de aire ingresa por el techo de la cabina, abarcando aproximadamente el 30% del plenum, y fluye en dirección vertical para luego descender de forma horizontal hasta llegar a los ductos de extracción. Este tipo de cabinas no poseen una fosa de extracción [6].



**Figura 3.** Cabina de flujo semivertical [6].

### 1.3.5 Flujo de aire en ductos

Los sistemas de ventilación se encargan de la distribución del flujo de aire a baja presión mediante conductos cuadrados, rectangulares o circulares. Al utilizar ventiladores, es importante conocer la presión de trabajo de estos conductos para asegurar un volumen de aire suficiente y lograr un flujo equilibrado en las diferentes partes del sistema.

Generalmente, al trabajar con sistemas de ductos, se identifican dos tipos de pérdidas de energía que contribuyen a la disminución de la presión a lo largo del recorrido del flujo de aire.

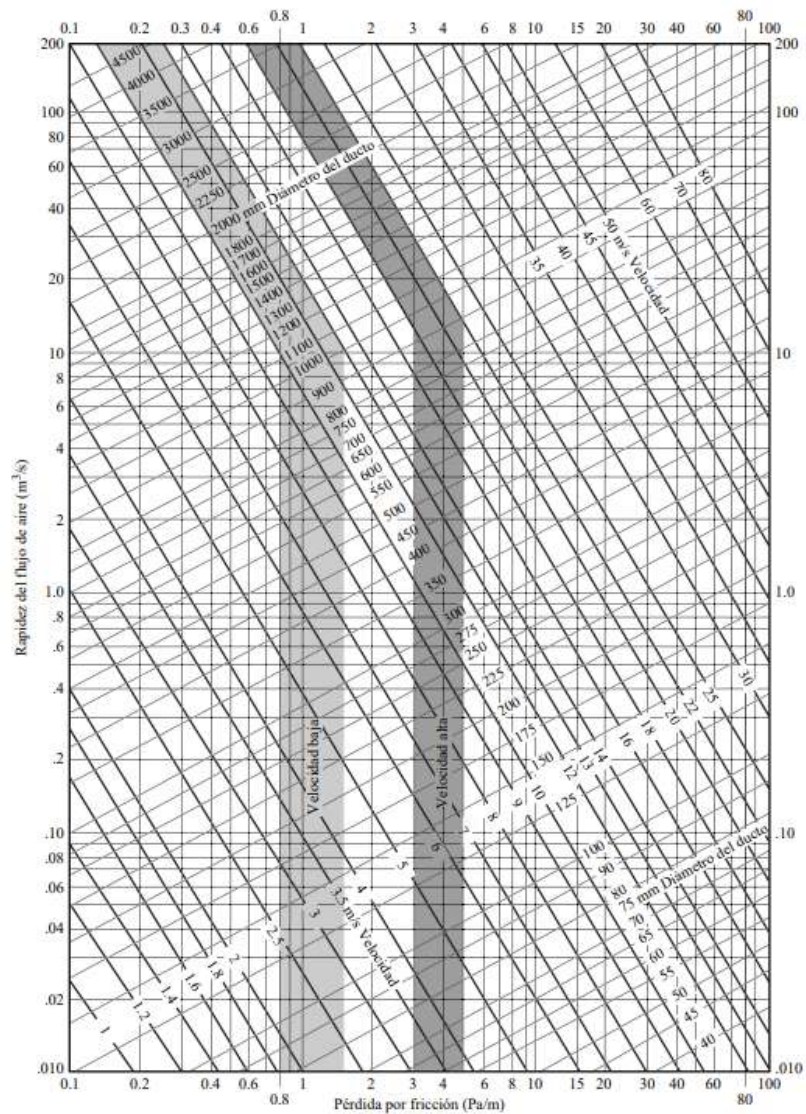
Las pérdidas por fricción se presentan cuando el aire se desplaza a través de segmentos rectos del conducto.

Por otro lado, las pérdidas dinámicas se producen cuando el flujo de aire atraviesa conexiones, como, por ejemplo:

- Accesorios en forma de T
- Accesorios en forma de Y
- Dispositivos de control de flujo volumétrico

ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) es una organización cuyos expertos han creado gráficos específicos para obtener una estimación del valor de las pérdidas por fricción en ductos. Estas pérdidas, denotadas como “hL”, dependen del flujo de aire y se representan mediante dos conjuntos de líneas diagonales que relacionan el diámetro del conducto circular con la velocidad de flujo correspondiente [8].





**Figura 4.** Pérdida por fricción en ductos (unidades del SI) [8].

### 1.3.6 Ductos rectangulares

Muchas veces se utilizan conductos circulares para distribuir el flujo de aire en sistemas de calefacción, ventilación o refrigeración. Sin embargo, debido a limitaciones de espacio en techos de edificios, estructuras metálicas y otros lugares, el uso de conductos rectangulares es muy ventajoso. El radio hidráulico de la tubería se puede utilizar para determinar el diámetro equivalente de la tubería rectangular. Esto incluye relación de velocidad, rugosidad relativa, coeficiente de fricción y número de Reynolds.

**TABLA 19.3** Diámetros circulares equivalentes para ductos ovalados

| Eje menor | Eje mayor |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | 8         | 10  | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   | 30   |
| 6         | 7.1       | 8.1 | 8.9  | 9.6  | 10.2 | 10.8 | 11.3 | 11.8 | 12.3 | 12.7 | 13.1 | 13.5 |
| 8         |           | 9.2 | 10.2 | 11.0 | 11.8 | 12.5 | 13.2 | 13.8 | 14.4 | 14.9 | 15.4 | 15.9 |
| 10        |           |     | 11.2 | 12.2 | 13.2 | 14.0 | 14.8 | 15.5 | 16.2 | 16.8 | 17.4 | 18.0 |
| 12        |           |     |      | 13.2 | 14.3 | 15.3 | 16.1 | 17.0 | 17.7 | 18.5 | 19.2 | 19.8 |
| 14        |           |     |      |      | 15.2 | 16.3 | 17.3 | 18.3 | 19.1 | 19.9 | 20.7 | 21.4 |
| 16        |           |     |      |      |      | 17.2 | 18.3 | 19.4 | 20.3 | 21.2 | 22.1 | 22.9 |
| 18        |           |     |      |      |      |      | 19.2 | 20.4 | 21.4 | 22.4 | 23.3 | 24.2 |
| 20        |           |     |      |      |      |      |      | 21.2 | 22.4 | 23.5 | 24.5 | 25.4 |
| 22        |           |     |      |      |      |      |      |      | 23.3 | 24.4 | 25.5 | 26.5 |
| 24        |           |     |      |      |      |      |      |      |      | 25.3 | 26.4 | 27.5 |
| 26        |           |     |      |      |      |      |      |      |      |      | 27.3 | 28.4 |
| 28        |           |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 29.3 |

**Figura 5.** Diámetros circulares equivalentes para ductos rectangulares [8].

### 1.3.7 Ventiladores

Por lo general, los flujos de aire encuentran resistencia debido a la fricción generada por el movimiento del fluido a través del sistema de conductos. La reducción de aquella resistencia se logra mediante el uso de un ventilador con un impulsor rotativo, que ejerce fuerza sobre el aire y aumenta la circulación del flujo volumétrico de aire, así como la elevación de la presión.

Las características de funcionamiento del ventilador se refieren comúnmente al flujo volumétrico de aire que sale del rotor o impulsor, así como a la presión generada por el ventilador. También son importantes la eficiencia mecánica y la potencia al freno. Es muy beneficioso comprender el funcionamiento del ventilador, ya que una selección adecuada y un mantenimiento oportuno pueden ayudar a detectar fallas.

Los ventiladores se utilizan para mover el aire en un espacio, ya sea para introducirlo o expulsarlo. También se emplean en sistemas de ventilación, calefacción o aire acondicionado para desplazar el aire a través de conductos. Existen diferentes tipos de ventiladores, como los axiales, los de conducto y los centrífugos.

Los ventiladores axiales funcionan con una presión estática cercana a cero y están compuestos por dos a seis aspas que se asemejan a las hélices de un avión. Estos ventiladores toman el aire de un lado y lo expulsan en dirección axial hacia el otro

lado. Son comúnmente utilizados para mover el aire en espacios residenciales o de trabajo para mejorar la comodidad. Cuando se instalan en ventanas u otras aberturas en las paredes de un edificio, proporcionan aire fresco del exterior al interior o extraen el aire del interior del edificio. Si se instalan en techos o azoteas, se les suele llamar respiraderos.

Los ventiladores axiales están disponibles en diferentes tamaños, desde pequeños (unos pocos centímetros de diámetro que generan varios cientos de pies cúbicos por minuto) hasta diámetros de 60 pulgadas o más, que pueden generar más de 50,000 pies cúbicos por minuto a una presión estática cercana a cero. Las velocidades de funcionamiento generalmente oscilan entre 600 y 1725 revoluciones por minuto. Estos ventiladores son impulsados por motores eléctricos, ya sea directamente o mediante correas de transmisión.

Los ventiladores de conducto tienen una construcción similar a la de los ventiladores axiales, pero están montados dentro de un conducto cilíndrico. El conducto puede formar parte de un sistema de conductos más grande que distribuye o extrae aire de áreas remotas. Los ventiladores de conducto pueden funcionar contra presiones estáticas de hasta aproximadamente 1.50 pulgadas de agua (375 pascales). Los tamaños varían desde muy pequeños, que generan unos pocos cientos de pies cúbicos por minuto, hasta aproximadamente 36 pulgadas, que generan más de 20,000 pies cúbicos por minuto [9].



**Figura 6.** Ventilador de ducto[9].

### 1.3.8 Iluminación de la cabina

La ergonomía de la iluminación es un aspecto importante en la cabina de pintura, ya que el área de trabajo debe estar suficientemente iluminada para pulir la superficie pintada, como se muestra en la Figura 7. La calidad visual no se basa en la cantidad de luces, sino que su colocación en el lugar adecuado también ayudará a reducir el consumo energético y evitar una iluminación excesiva. Según el método de lúmenes comúnmente utilizado en proyectos de iluminación con latas de aerosol, se recomienda que el nivel de luz sea de aproximadamente de 750 a 1000 lux para lograr una iluminación uniforme que se adapte a todos los planes de trabajo [10].



**Figura 7.** Iluminación de una cabina de lijado [11].

Garantizar una iluminación adecuada en la cabina de pintura es crucial para lograr una percepción precisa de los colores y evitar la aparición de sombras que puedan dificultar la visión o distorsionar la apreciación del volumen de los objetos. Esto permite que los pintores desempeñen su trabajo de manera más efectiva y productiva, evitando la necesidad de repetir tareas debido a una combinación de colores incorrecta. Como resultado, se logra un ahorro significativo de tiempo y dinero.

Los niveles de iluminación varían según las tareas que se realicen. En áreas de tránsito, vigilancia, aparcamiento o desplazamiento de vehículos, se recomienda una iluminación mínima de 20 lux. A partir de ahí, la cantidad de luz aumenta. Por ejemplo,

los talleres de pintura de alta precisión y acabado de superficies requieren al menos 750 lux, al igual que los laboratorios de control de calidad.

Para procesos que exigen una mayor precisión, como el ensamblaje e inspección de piezas complejas o acabados con pulidos finos, se requieren al menos 1000 lux. Si se necesita un alto grado de especialización en la distinción de detalles, se deben proporcionar 2000 lux. Este nivel de iluminación es necesario en tareas que implican un bajo contraste visual, como la pintura en espacios reducidos donde se trabaja durante largas horas, así como en acciones muy específicas o con objetos extremadamente pequeños [12].

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

El presente proyecto técnico se ha llevado a cabo tomando en cuenta las respectivas normas de construcción para estructuras metálicas de acero. También, se ha considerado las necesidades del producto tomando en cuenta las medidas de las unidades y el espacio disponible para la construcción de la cabina de lijado. De igual manera, se realizaron los cálculos necesarios para los análisis estáticos y de flujo de aire, de manera que el proyecto esté justificado y funcione bajo las condiciones adecuadas.

El proceso de diseño y construcción se ha realizado siguiendo los pasos generales del diseño mecánico los cuales son:

- Identificación de la necesidad
- Investigación de antecedentes
- Planteamiento de los objetivos
- Enumeración de tareas
- Síntesis del diseño
- Análisis del diseño
- Selección de alternativas
- Diseño detallado
- Prototipo y pruebas
- Diseño para la producción

Se ha considerado que este es un proceso iterativo que requiere revisión y correcciones de los pasos previos para tener un diseño más preciso que responde a la interacción entre el diseñador, los usuarios y el cliente [13].




**Figura 8.** Actores en el proceso de diseño [13].

## 2.1 Dimensiones de los vehículos



La empresa Ciauto ensambla distintos tipos de vehículos cuyas dimensiones son valores importantes que considerar para el diseño de la cabina de lijado, puesto que el espacio dentro de la misma deberá estar acorde a los tamaños de estos vehículos. Ciauto fabrica diversos modelos de vehículos de las reconocidas marcas Great Wall y Haval. Entre ellos se encuentran las populares camionetas Wingle 5, Wingle 7 y Wingle S, que son muy apreciadas por el público ecuatoriano. Además, producen el M4, un mini SUV de Haval que goza de gran popularidad en el mercado. Asimismo, Ciauto se destaca en la fabricación de las “vans” más vendidas en Ecuador durante el año 2020, según la Asociación Ecuatoriana de Distribuidores de Automotores (AEADE), las cuales son las Shineray X30LS y X30 cargo [14].

De los modelos principales podemos sacar la siguiente información:

**Tabla 2.** Dimensiones de los vehículos.

| Marca         | Modelo                                  | Dimensiones<br>(Largo x ancho x<br>alto) (mm) | Representación gráfica  |
|---------------|---|---|---|
| Great<br>Wall | Wingle 7<br>gasolina<br>Doble<br>cabina | 5095 x 1800 x<br>1760                         | <br><b>Figura 9.</b> Wingle 7 [15]. |

**Tabla 2.** Dimensiones de los vehículos (continuación).

| Marca    | Modelo                        | Dimensiones<br>(Largo x ancho x<br>alto) (mm) | Representación gráfica  |
|----------|-------------------------------|---|---|
| Shineray | X30<br>Cargo                  | 4200×1695×1930                                |  <p data-bbox="959 875 1326 913"><b>Figura 10.</b> X30 Cargo [15].</p>                      |
| Haval    | Haval All<br>New H2<br>Jolion | 4472 x 1841 x<br>1619                         |  <p data-bbox="874 1420 1414 1509"><b>Figura 11.</b> UV Haval All New H2 Jolion [15].</p> |

Con el análisis de estas dimensiones se ha diseñado el espacio de trabajo de la cabina de lijado, así como la entrada y salida de esta.

## 2.2 Requerimientos para la construcción

Para la construcción de la cabina de lijado dentro del área de pintura de la empresa serán necesarios equipos de construcción, recursos, materiales, elementos de



seguridad, mano de obra, personal capacitado y otros elementos, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Materiales e insumos para la construcción.

| <b>Materiales e insumos para la construcción</b> |  |
|--|--|
| <b>Materia prima</b>                             | Tubo cuadrado Acero ASTM A36 40x40x3 mm                      |
|  | Tubo rectangular Acero ASTM A36 100x50x3 mm                  |
|  | Tubo rectangular Acero ASTM A36 60x30x3 mm                   |
|  | Tubo rectangular Acero ASTM A36 100x50x3 mm                  |
|  | Varilla de media pulgada                                     |
|  | Plancha de acero inoxidable A304 espesor=1.2 mm              |
|  | Ángulos de lados iguales de pulgada y media, espesor=2.77 mm |
| <b>Insumos</b>                                   | Autoperforantes 1/2 pulgada                                  |
|  | Disco de corte de acero inoxidable                           |
|  | Thinner  |
|  | Pintura anticorrosiva blanca                                 |
|  | Electrodos   |
| <b>Herramientas</b>                              | Brocas   |
|  | Martillo   |
|  | Juego de llaves  |
|  | Destornillador plano   |
|  | Destornillador de estrella                                   |
| <b>Equipos</b>                                   | Rachas   |
|  | Taladro  |
|  | Soldadura TIG  |
|  | Amoladora  |
|  | Computadora  |
|  | Soldadura MIG  |
|  | Dobladora de láminas   |
| Cortadora de láminas                             |  |

**Tabla 3.** Materiales e insumos para la construcción (continuación).

| <b>Materiales e insumos para la construcción</b> |                        |
|--|------------------------|
| <b>Instrumentos de medición</b>                  | Flexómetro             |
|  | Regla                  |
|  | Escuadra               |
|  | Nivel                  |
|  | Nivel láser            |
|  | Anemómetro             |
| <b>Equipo de protección</b>                      | Guantes                |
|  | Gafas                  |
|  | Casco                  |
|  | Overol                 |
|  | Zapatos punta de acero |
|  | Casco de soldar        |

## **2.3 Materiales**

### **2.3.1 Acero ASTM A36**

El acero ASTM A36 es ampliamente utilizado en la industria ecuatoriana debido a sus características y propiedades. Este material, resultado de una composición química, se compone principalmente de hierro, siendo el contenido de carbono el más bajo, no superando el 1.2% en peso y generalmente oscilando entre el 0.2% y el 0.3%. Esta proporción facilita el proceso de moldeo del acero.

El acero es ampliamente utilizado en la construcción de maquinaria, herramientas, edificios y obras públicas debido a su variedad y disponibilidad en el mercado. Una ventaja significativa de este material es su comportamiento lineal y elástico hasta la fluencia, lo que lo hace predecible en estructuras y, por lo tanto, el más utilizado en la industria.

En la siguiente tabla se muestra la composición química del acero A36.

**Tabla 4.** Composición química del acero estructural A36 [16].

| Composición química (%) |             |   |           |
|-------------------------|-------------|---|-----------|
| C                       | 0.29 Máx.   | P | 0.04 Máx. |
| Mn                      | 0.8 - 1.2   | S | 0.05 Máx. |
| Si                      | 0.15 - 0.40 |   |           |

Las propiedades mecánicas del acero A36 se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Propiedades mecánicas del acero A36 [17].

| Tabla de propiedades mecánicas                                  |                             |   |
|---|-----------------------------|---|
| Propiedades mecánicas   |                             | Notas   |
| Resistencia a la tracción,<br>MPa (ksi)                         | 400-550<br>(58-80)          | Placas de acero, formas y barras                          |
| Límite elástico (Esfuerzo de<br>fluencia, MPa (ksi), $\geq$ )   | 250 (36)                    | Espesor $\leq$ 200mm (8 pulg.)                            |
|   | 220 (32)                    | Espesor de placas de acero > 200mm<br>(8 pulg.)           |
| Elongación, %, $\geq$   | 20                          | Placas y barras en 200 mm (8 pulg.)                       |
|   | 23                          | Placas y barras en 50 mm (2 pulg.)                        |
| Dureza Brinell, HBW   | 119-162                     | Basado en la conversión de<br>resistencia a la tracción   |
| Módulo de elasticidad, GPa<br>(ksi)                             | 200<br>(29 $\times$ 103)    | -   |
| Prueba de impacto Charpy<br>con muesca en V, J (ft·lbf), $\geq$ | 27 (20)                     | Formas estructurales, ubicación<br>alternativa del núcleo |
| Módulo de corte, GPa (ksi)                                      | 79.3<br>(11.5 $\times$ 103) | -   |
| Fy del acero A36 (Limite de<br>fluencia), MPa (ksi), $\geq$     | 250 (36)                    | -   |

### 2.3.2 Planchas de acero galvanizado

La lámina de acero galvanizada mediante el proceso de inmersión en caliente ya sea en calidad comercial o estructural, es un producto que combina la resistencia mecánica del acero con la capacidad de resistir la corrosión proporcionada por el Zinc. Este material se utiliza ampliamente como materia prima en diversas industrias, como la refrigeración, la construcción, la automotriz y la metalmecánica en general.

La lámina de acero galvanizada está disponible en forma de bobinas que pueden pesar hasta 12 toneladas, o en láminas cortadas a medida. Los espesores de la lámina varían desde 0.20 mm hasta 3.00 mm, y los anchos oscilan entre 914 mm y 1220 mm [18].

Las propiedades del acero galvanizado son las siguientes:

**Tabla 6.** Propiedades mecánicas acero galvanizado [18].

| Calidad Comercial      |       | Fluencia | Resistencia   | Elongación |
|------------------------|-------|----------|---------------|------------|
|                        |       | YP       | Máxima-Mínima | Mínima     |
|                        |       | Mpa      | Mpa           | %          |
|                        |       | 205/380  | ...           | ≥20        |
| Calidad Estructural SS | Grado | Fluencia | Resistencia   | Elongación |
|                        |       | YP       | Máxima-Mínima | Mínima     |
|                        |       | Mpa      | Mpa           | %          |
|                        | 33    | 230      | 310           | 20         |
|                        | 37    | 255      | 360           | 18         |
|                        | 40    | 275      | 380           | 16         |
| 50                     | 340   | 450      | 12            |            |

### 2.3.3 Varilla de acero

La varilla de acero es un producto utilizado en diversas aplicaciones de construcción y estructuras. Se caracteriza por su forma alargada y su sección transversal circular. A continuación, se proporciona una descripción técnica de las características principales de la varilla de acero:

- **Material:** La varilla de acero está fabricada principalmente de acero al carbono o acero de aleación, dependiendo de los requisitos específicos de resistencia y durabilidad.
- **Diámetro:** Se mide en milímetros (mm) y representa el grosor de la varilla. Los diámetros más comunes varían entre 6 mm y 40 mm, aunque pueden existir tamaños fuera de este rango.
- **Longitud:** La longitud estándar de la varilla de acero es de 12 metros, aunque también se pueden encontrar medidas personalizadas según las necesidades del proyecto.
- **Resistencia:** La resistencia de la varilla de acero se indica mediante una clasificación de resistencia a la tracción, generalmente expresada en unidades de presión, como megapascuales (MPa) o kilopondios por milímetro cuadrado (kgf/mm<sup>2</sup>). Esto representa la capacidad de la varilla para soportar cargas de tensión antes de sufrir deformación o ruptura.
- **Superficie:** La superficie de la varilla de acero puede ser lisa o estriada. Las varillas estriadas ofrecen una mejor adherencia con el hormigón en aplicaciones de refuerzo estructural.
- **Normas y estándares:** Las varillas de acero deben cumplir con las normas y estándares específicos de cada país o región, como las especificaciones ASTM (American Society for Testing and Materials) o las normas ISO (International Organization for Standardization).

Las varillas de acero se utilizan principalmente en la construcción de columnas, vigas, cimientos y otras estructuras de hormigón armado. Su alta resistencia y durabilidad las hacen fundamentales en la industria de la construcción.

## **2.4 Requerimientos para el diseño**

### **2.4.1 Estructura metálica**

Para el diseño de la estructura metálica se ha tomado en cuenta varios valores que indicarán si tanto los perfiles como el material son los adecuados para resistir las cargas que actúan sobre la estructura. Para ello se ha utilizado distintas fórmulas para determinar la carga admisible para las columnas, el factor de seguridad de la estructura,

los esfuerzos que se presentan y otros datos representativos que permitan justificar el diseño de la cabina de lijado.

Para el procedimiento del diseño se han utilizado los datos de carga y esfuerzos admisibles para elementos sometidos a compresión. Se necesita el valor de la carga que actúa sobre la columna y el tipo de articulación que posee, así como también, los datos correspondientes al tipo de perfil, que en este caso es un perfil rectangular.

Para determinar el tipo de articulación y su valor representativo para el cálculo se utiliza la siguiente gráfica:

|  |              |  |  |  |  |  |  |
|--|--------------|--|--|--|--|--|--|
| La configuración de la columna pandeada se muestra con línea punteada                      | (a)          | (b)  | (c)  | (d)  | (e)  | (f)  |  |
|  |              |  |  |  |  |  |  |
| Valores teoricos de K  | 0.5          | 0.7  | 1.0  | 1.0  | 2.0  | 2.0  |  |
| Valores de diseño para K cuando las condiciones reales de apoyo se aproximan a las ideales | 0.65         | 0.80   | 1.2  | 1.0  | 2.1  | 2.0  |  |
| Representación esquemática de las condiciones de apoyo                                     | <br><br><br> | Rotación impedida<br>Rotación libre<br>Rotación impedida<br>Rotación libre | Rotación impedida<br>Rotación impedida<br>Rotación libre<br>Rotación libre | Rotación impedida<br>Rotación impedida<br>Rotación libre<br>Rotación libre | Rotación impedida<br>Rotación impedida<br>Rotación libre<br>Rotación libre | Rotación impedida<br>Rotación impedida<br>Rotación libre<br>Rotación libre | Rotación impedida<br>Rotación impedida<br>Rotación libre<br>Rotación libre |

**Figura 12.** Factores de longitud efectiva para columnas [19].

De igual manera, se ha utilizado el criterio de factor de seguridad para la verificación del diseño. El factor de seguridad es un valor de referencia que de manera indirecta está involucrado en el comportamiento de las deformaciones, esto se debe a la proporcionalidad directa de la relación esfuerzo – deformación.

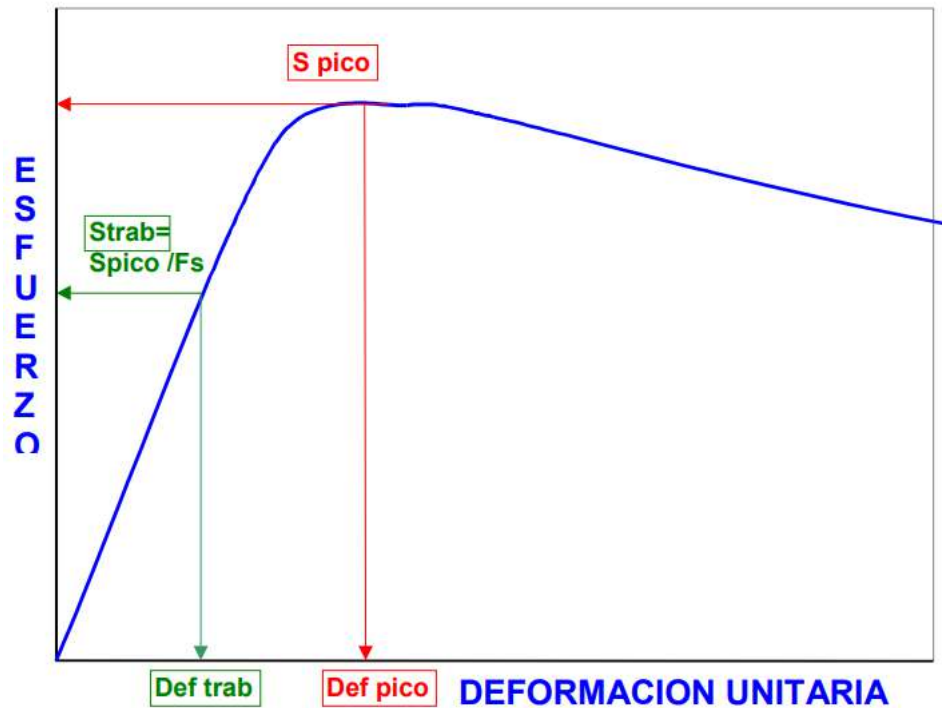


Figura 13. Control de deformaciones con el factor de seguridad [20].

#### 2.4.2 Ductos de aire y equipos de extracción e inyección

Para el diseño de los ductos de inyección y extracción de aire se ha tomado en cuenta los datos de las características del fluido y la mecánica del mismos. Se ha tenido en cuenta que las presiones necesarias para que el flujo del aire que entra y el flujo que sale respondan a las necesidades del proceso productivo y al ambiente en que los trabajadores ejercen sus labores. De esta manera las partículas de polvo y residuos resultantes del lijado puedan ser atrapados por el flujo de aire.

Así se ha diseñado la sección transversal de los ductos y la selección de los equipos de extracción e inyección de aire.

**Tabla 7.** Ejemplos de factores de pérdida para accesorios de ductos [8].

| <b>Coefficiente C de pérdida dinámica</b>  |                      |      |      |      |       |       |
|--|----------------------|------|------|------|-------|-------|
| <b>Codos de 90°</b>  | Liso, redondo        |      |      |      |       | 0.22  |
|  | De 5 piezas, redondo |      |      |      |       | 0.33  |
|  | De 4 piezas, redondo |      |      |      |       | 0.37  |
|  | De 3 piezas, redondo |      |      |      |       | 0.42  |
|  | De inglete, redondo  |      |      |      |       | 1.20  |
|  | Liso rectangular     |      |      |      |       | 0.18  |
| <b>Te, ramificación</b>  |                      |      |      |      |       | 1.00  |
| <b>Te, flujo por ramificación principal</b>  |                      |      |      |      |       | 0.10  |
| <b>Ye simétrica</b>  |                      |      |      |      |       | 0.30  |
| <b>Posición del amortiguador</b>   | 0°                   | 10°  | 20°  | 30°  | 40°   | 50°   |
| <b>C</b>   | 0.20                 | 0.52 | 1.50 | 4.50 | 11.00 | 29.00 |
| Rejilla de salida: suponga que la caída de presión total a través de la rejilla es de 0.06 inH <sub>2</sub> O (15 Pa).       |                      |      |      |      |       |       |
| Persianas de admisión: suponga que la caída de presión total a través de las persianas es de 0.07 inH <sub>2</sub> O (17 Pa) |                      |      |      |      |       |       |

### 2.4.3 Inyector y extractor de aire

Para la inyección y extracción de aire en la cabina de lijado se han utilizado ventiladores de ducto que, como se describió en el capítulo anterior, están dentro de un ducto cilíndrico. De esta manera, el aire entrará por un sistema de ductos impulsado por este tipo de ventiladores, y saldrá de la misma manera hacia un área remota.





**Figura 14.** Ventilador axial para montaje en ducto [9].

## **2.5 Equipos a utilizar**

### **2.5.1 Dobladora y cortadora**

El proceso de doblado y corte de láminas de acero es comúnmente utilizado en la industria para dar forma y dimensiones específicas a las láminas metálicas. Una dobladora de lámina es una máquina utilizada para dar forma a láminas o placas de metal en diferentes ángulos. También puede realizar punzonado en la pieza de trabajo con implementos específicos. El proceso de plegado se realiza al presionar la lámina entre un juego de punzón y matriz. La dobladora está compuesta por dos marcos en forma de C que forman los lados de la prensa, conectados a una base en la parte inferior (llamada cama) y a una cortina móvil en la parte superior.

En la mesa se coloca la matriz y en la cortina se ubica el punzón o dado. Una prensa se describe mediante parámetros básicos como la fuerza o tonelaje y la longitud de trabajo. También se consideran parámetros adicionales como la amplitud o carrera, la distancia entre los marcos laterales externos, la carrera del escantillón y la altura de trabajo.

Existen diferentes tipos de prensas, clasificadas según el método de aplicación de fuerza, como las mecánicas, neumáticas, hidráulicas o servoeléctricas [21].



**Figura 15.** Dobladora, Roladora Y Cortadora De Lámina [22].

### **2.5.2 Equipos de soldadura**

Las técnicas especializadas de soldadura por arco eléctrico, como SMAW (soldadura de metal por arco protegido) y MIG (soldadura por gas inerte de metal), son métodos que permiten obtener una gran versatilidad en el proceso de unión de metales. En este proyecto se ha utilizado la primera con un equipo de soldadura SMAW.

Esta forma de soldadura es uno de los métodos más antiguos utilizados para unir metales, cuyo origen se remonta a la década de 1790. En ese entonces, se empleaba un electrodo de carbón para generar el arco eléctrico. Sin embargo, fue en 1907 cuando Oscar Kjellber, fundador de ESAB (Soldadura Eléctrica Sociedad Limitada), desarrolló el método de soldadura con electrodo recubierto, también conocido como SMAW.

Este método fue el primero en obtener resultados significativos tanto desde el punto de vista técnico como económico. Permitió el desarrollo de procesos de fabricación mucho más eficientes, que hasta el día de hoy solo han sido superados por aplicaciones modernas, pero que se basan en el concepto fundamental de la soldadura por arco con electrodo auto protegido.

Este método implica el uso de un electrodo con un recubrimiento específico, el cual describiremos brevemente a continuación. A través de este electrodo, se hace circular un tipo particular de corriente eléctrica, ya sea corriente alterna o corriente continua. Se crea un cortocircuito entre el electrodo y el material base que se desea soldar o unir, generando un arco eléctrico que puede alcanzar temperaturas de hasta 5500 °C. Durante este proceso, el núcleo del electrodo se funde y se deposita en el material que se está soldando. Al mismo tiempo, el recubrimiento del electrodo se quema, generando una atmósfera que protege el proceso al evitar la penetración de humedad y elementos contaminantes. Además, se forma una escoria que recubre el cordón de soldadura resultante [23].



**Figura 16.** Diagrama esquemático del proceso de soldadura [23].



**Figura 17.** Equipo de soldadura SMAW [23].

### 2.5.3 Equipo de diseño y cálculo

Para llevar a cabo el proceso de diseño y cálculos requeridos para construir la cabina de lijado, se necesitó de un ordenador con un rendimiento óptimo que permita realizar cálculos rápidos y precisos. Además, será necesario utilizar software CAD y programas de diseño para crear planos de montaje. Para este propósito, se ha utilizado una laptop que cumpla con las características descritas en la tabla 8.

**Tabla 8.** Característica del computador portátil.

| DELL G7                         |  |
|---------------------------------|--|
| <b>CPU</b>                      | Intel(R) Core (TM) i7-8750H CPU @ 2.20GHz 2.21 GHz de 8va generación |
| <b>SO</b>                       | Windows 10 Pro   |
| <b>Memoria RAM</b>              | 16 GB  |
| <b>Coprocesador de gráficos</b> | NVIDIA GeForce GTX 1060  |
| <b>Memoria</b>                  | DDR4 de 16 GB  |

## 2.6 Fórmulas para utilizar en el diseño

### 2.6.1 Volumen

Para el cálculo de espacios de la cabina de lijado.

$$V = xyz \text{ [m}^3\text{]} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

V= Volumen [m<sup>3</sup>]

x= Profundidad [m]

y= Ancho [m]

z= Altura [m]

## 2.6.2 Carga admisible para columnas

Se calcula el área asumida con la siguiente expresión:

$$A = \frac{Pa}{Fa} \text{ [m}^2\text{]} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

A= Área asumida [m<sup>2</sup>]

Pa= Carga actuante (carga viva + carga muerta) [kN]

Fa= Esfuerzo permisible (Se emplearán rangos de valores desde el 20% hasta el 30% de la resistencia a la fluencia (Fy) para columnas largas con cargas pequeñas. Por otro lado, para columnas cortas con cargas grandes, se utilizarán rangos de valores desde el 50% hasta el 58% de la resistencia a la fluencia (Fy)) [19].

Fy= Resistencia del material

Se determina el radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \text{ [m]} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

I= Inercia en x. [m<sup>4</sup>]

Se calcula la longitud efectiva KL/r

$$\frac{KL}{r} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

K= Tipo de apoyo (Figura 12)

L= longitud del elemento [m]

Para hallar el esfuerzo permisible se utiliza la tabla del anexo 4 que depende de la longitud efectiva  $KL/r$ .

Finalmente, para la carga admisible ( $P_{adm}$ ) se usa la expresión:

$$P_{adm} = FaA [N] \quad \text{Ec. 5}$$

Y se evalúa con el siguiente criterio:

- $P_{adm} \geq Pa \rightarrow$  El diseño es correcto
- $P_{adm} < Pa \rightarrow$  La sección escogida es insuficiente
- $P_{adm}$  es muy superior a  $Pa \rightarrow$  Esta sobrediseñado

### 2.6.3 Factor de seguridad

Para calcular el factor de seguridad de la estructura se utiliza la siguiente expresión:

$$F_s = \frac{\text{Esfuerzo de falla}}{\text{Esfuerzo de trabajo}} = \frac{F_u}{F_{trabajo}} \quad \text{Ec. 6}$$

### 2.6.4 Diámetro equivalente para ductos rectangulares

Para el cálculo del diámetro equivalente de un ducto rectangular, se utiliza la siguiente expresión:

$$D_e = \frac{1.3(ab)^{5/8}}{(a + b)^{1/4}} [m] \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

a= Ancho del ducto [m]

b= Alto del ducto [m]

### 2.6.5 Pérdidas de energía en ductos

Pérdidas por fricción: Estas pérdidas ocurren a medida que el aire fluye a través de secciones rectas de los conductos. La pérdida por fricción se denota como "h<sub>L</sub>" y se mide en términos de pies por cada 100 pies de ducto (ft/100 ft) en el Sistema Inglés, y en Pascales por metro en el Sistema Internacional (Pa/m).

Pérdidas dinámicas: Estas pérdidas ocurren cuando el aire fluye a través de accesorios como tes, yes y otros dispositivos de control de flujo en el sistema de conductos. Estas pérdidas se deben a la turbulencia generada por estos accesorios.

Para calcular la pérdida total de energía (H<sub>L</sub>) a lo largo de una longitud específica de un conducto, se suman las pérdidas por fricción y las pérdidas dinámicas, si las hubiera. La ecuación utilizada es:

$$H_L = h_L \left( \frac{L}{100} \right) [\text{Pa}] \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

H<sub>L</sub>= es la pérdida total de energía en el conducto [Pa]

h<sub>L</sub>= es la pérdida por fricción [Pa/m]

L= es la longitud del conducto [m]

Los acoplamientos generan una pérdida de energía dinámica, la cual se calcula mediante la expresión:

$$H_L = CH_v [\text{Pa}] \quad \text{Ec. 9}$$

En la expresión anterior:

C= coeficiente de pérdida dinámica (depende del tipo de acoplamiento que se esté analizando).

$H_v$ = corresponde a la presión de velocidad, este puede ser calculado de las siguientes maneras:

- Unidades del Sistema Inglés

$$H_v = \left(\frac{v}{4005}\right)^2 [\text{Pa}] \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

$v$ = velocidad del fluido [m/s].

- Unidades del sistema internacional

$$H_v = \left(\frac{v}{1.289}\right)^2 [\text{Pa}] \quad \text{Ec. 11}$$

### **2.6.6 Caudal de inyección y rapidez de flujo volumétrico limitante**

Para determinar el caudal necesario para las dimensiones de la cabina se necesita el volumen del área de trabajo y el número de renovaciones por hora [24].

$$Q_i = V_c N \quad \text{Ec. 12}$$

Dónde:

$V_c$ = Volumen del espacio de lijado [m<sup>3</sup>]

$Q_i$ = Caudal de aire entrante [m<sup>3</sup>/s]

$N$ = Número de renovaciones por hora. Recomendado de 150 [25].

El cálculo de la rapidez de flujo volumétrico limitante permite obtener el caudal de un sistema de ventilación considerando las pérdidas por fricción y pérdidas dinámicas, también considera la rugosidad de los ductos y la viscosidad del fluido [8].



$$Q = -2.22D^2 \sqrt{\frac{gDh_L}{L}} \log \left( \frac{1}{3.7D/\varepsilon} + \frac{1.784\nu}{D\sqrt{\frac{gDh_L}{L}}} \right) \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

$h_L$  =pérdida de energía [m]

$D$  =diámetro equivalente del ducto [m].

$\varepsilon$  = rugosidad de la pared del ducto [m]

$\nu$  = viscosidad cinemática del fluido [m<sup>2</sup>/s].

$g$  = gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

$L$  = longitud del ducto [m].

## 2.7 Nivel o tipo de investigación

### 2.7.1 Bibliográfico

Mediante una revisión bibliográfica se investigará información relevante para el diseño y la construcción de la cabina de lijado como conceptos, métodos, y procesos de diseño mecánico. De igual manera, se revisarán proyectos similares y cabinas de impulsión de aire utilizadas para el mismo fin, con el objetivo de justificar el desarrollo del proyecto.

### 2.7.2 Exploratorio

En este campo, se investiga información sobre las medidas de los vehículos con los que trabaja la empresa, así como las medidas del espacio donde se construirá la cabina de lijado. Esto se realiza con el objetivo de determinar las dimensiones adecuadas de los componentes de la máquina y ajustarlas según las necesidades del proceso productivo de la empresa.

## **2.8 Metodología aplicada al proyecto**

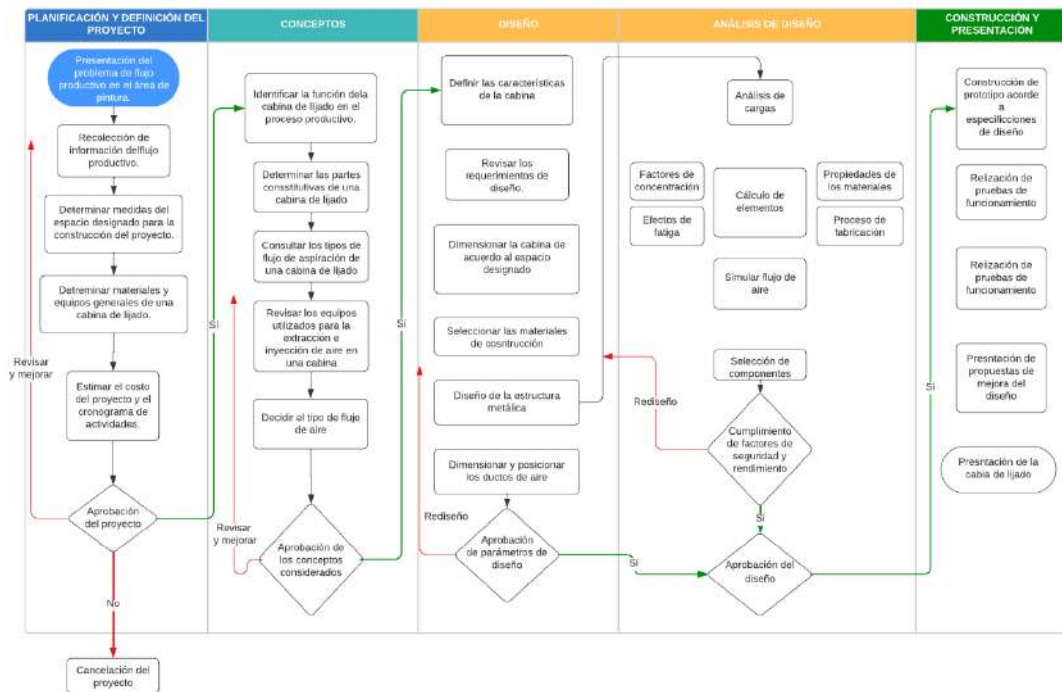
A partir de un análisis visual del área de pintura y la línea de flujo de producción en la misma se ha determinado el espacio donde se construirá la cabina de lijado. El área de pintura de CIAUTO contiene varias secciones y equipos necesarios para la producción, cuya distribución se ha tomado en cuenta para la designación del espacio de implementación. Además, se ha analizado la línea de flujo, de manera que el espacio a designar sea compatible con el mismo.

La cabina de lijado que se pretende diseñar y construir se ha localizado en el área de pintura de la empresa CIAUTO, que corresponde a una nave industrial donde se encuentran varios equipos y zonas de las distintas etapas del trabajo que se realiza en el área de pintura. La nave industrial posee varios sistemas de ductos de aire, tanto de entrada como de salida, lo que puede utilizarse como bases para el diseño. La zona específica donde se ubica la cabina de lijado está entre dos estructuras que cubren diferentes etapas del proceso de pintura, es en ese espacio donde se recolectará la información necesaria para el diseño de la cabina. Para el proceso de diseño de la cabina de lijado se necesitan un equipo de medición de longitudes, un registro de partes constitutivas de la cabina, también una computadora con software correspondiente para las necesidades del diseño, un dispositivo para la toma de fotografías, materiales y otros.

La construcción del prototipo de la cabina de lijado se ha realizado acorde a los datos del diseño presentado, para esta acción se ha necesitado un equipo completo de herramientas de construcción para estructuras metálicas, equipos de medición, personal y todos los materiales y elementos que constituyen la cabina de lijado. De esta manera, el personal de construcción a partir del conocimiento completo de las especificaciones del diseño construirá la cabina de lijado y se realizará una inspección constante de la construcción para que esta sea acorde al diseño.

Una vez culminada la construcción, se ha realizado un análisis mediante la observación del proceso productivo dentro de la cabina de lijado ya en operación.

## 2.8.1 Etapas del desarrollo del proyecto



**Figura 18.** Etapas del desarrollo del proyecto.

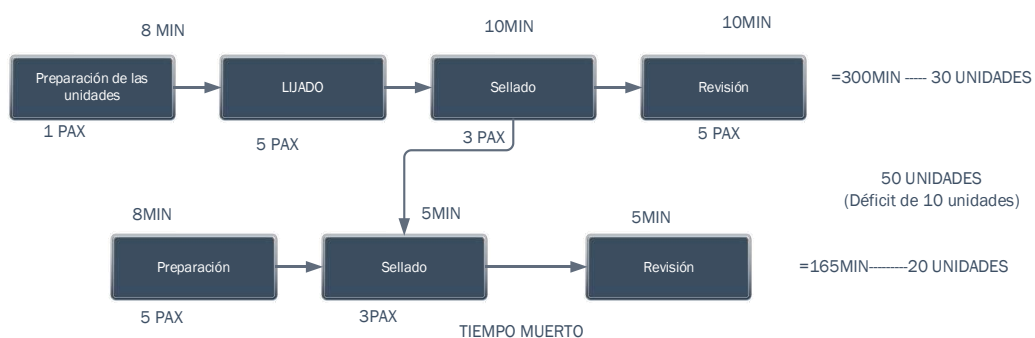
## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis del flujo productivo en el área de lijado

El proceso de lijado dentro del área de pintura en la empresa Ciauto consta de varias etapas, principalmente tres:

- Lijado
- Sellado
- Revisión

Para cada una de estas actividades se tiene un número de personas y tiempos establecidos. Tomando en cuenta la jornada de trabajo de ocho horas y los tiempos de descanso se cuenta con un tiempo neto de trabajo diario de 465 minutos. En cuanto el tiempo medido en cada etapa, los datos son los siguientes:



**Figura 19.** Tiempos y etapas del proceso de lijado (PAX=cantidad de personas).

Los trabajadores de este proceso deben cumplir con una cuota mínima de 60 unidades al día para alimentar a las dos cabinas de pintura que se encuentran en el área. Sin embargo, el equipo de trabajo tiene que trabajar 2 horas extras para cumplir con la cuota diaria de 60 unidades y no dejar unidades acumuladas en la zona de almacenamiento. Al día se logra alcanzar 40 unidades procesadas, 20 unidades con calidad de pintura electrolítica (ELPO), 17 unidades con calidad de alto espesor (PRIMER), y 3 unidades reprocesadas. Estos valores indican un déficit de 15 unidades diarias.

**Tabla 9.** Bitácora de número de unidades procesadas en un día en la etapa de lijado previo a la implementación de la cabina.

| Modelo<br>Tipo de pintura | WINGLE | VAN | SGO1 | CABINA |
|---------------------------|--------|-----|------|--------|
| ELPO                      | 6      | 0   | 14   | 20     |
| PRIMER                    | 9      | 2   | 6    | 17     |
| Reproceso                 | 0      | 3   | 0    | 3      |
| Total                     |        |     |      | 40     |

Los datos mostrados indican que el tiempo de producción (t) que se maneja en el área de lijado previo a la implementación del presente proyectos es de  $t=11.625$  min/unidad (Capacidad de producción = 0.086 unidad/min).



**Figura 20.** Zona de espera de las unidades previo a la implementación de la cabina.

### 3.2 Análisis del espacio en el área de pintura

En el área de pintura de la empresa Ciauto existe una dirección de flujo productivo establecido de manera que las unidades entran al área de lijado para luego pasar a las

cabinas de pintura respectivas. Por esta razón, el área que se ha designado para el proyecto responde a esta dirección de flujo productivo. La ubicación dentro del área de pintura es junto a las cabinas de lijado y sellado ya existentes.



**Figura 21.** Zona designada para la ejecución del proyecto.



**Figura 22.** Cabina de lijado adjunta (existente).

### 3.2.1 Cálculos técnicos

Los cálculos para el dimensionamiento de la estructura para cabina de lijado se realizan de acuerdo con el diseño propuesto el cual responde a las dimensiones del espacio designado para la ejecución del proyecto y las necesidades del producto.

**Tabla 10.** Dimensiones de la cabina de lijado.

| Dimensiones de la cabina de lijado |        |
|------------------------------------|--------|
| <b>Profundidad</b>                 | 12 m   |
| <b>Ancho</b>                       | 4.78 m |
| <b>Altura total</b>                | 3.55 m |
| <b>Altura espacio de trabajo</b>   | 2.7 m  |

De acuerdo con los datos indicados en la tabla 10 se calcula el volumen del espacio de trabajo para el proceso de lijado de las unidades mediante la siguiente ecuación.

$$V_c = xcyxzt \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

$x_c$ = Profundidad de la cabina [m]

$y_x$ = Ancho de la cabina [m]

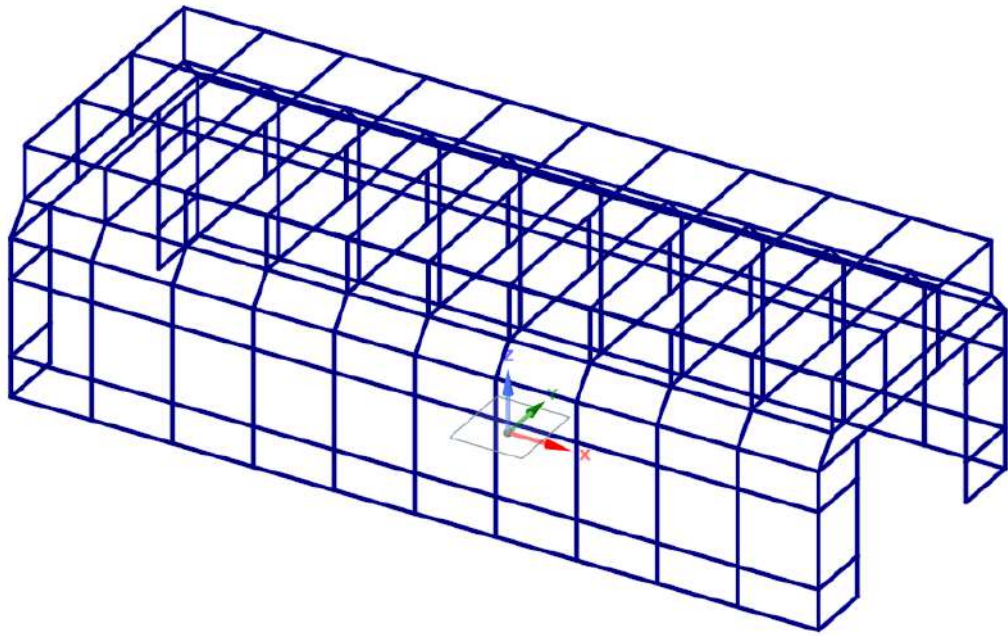
$z_t$ = Altura del espacio de trabajo [m]

$$V_c = (12 \text{ m})(4.78 \text{ m})(2.7 \text{ m})$$

$$V_c = 154.872 \text{ m}^3$$

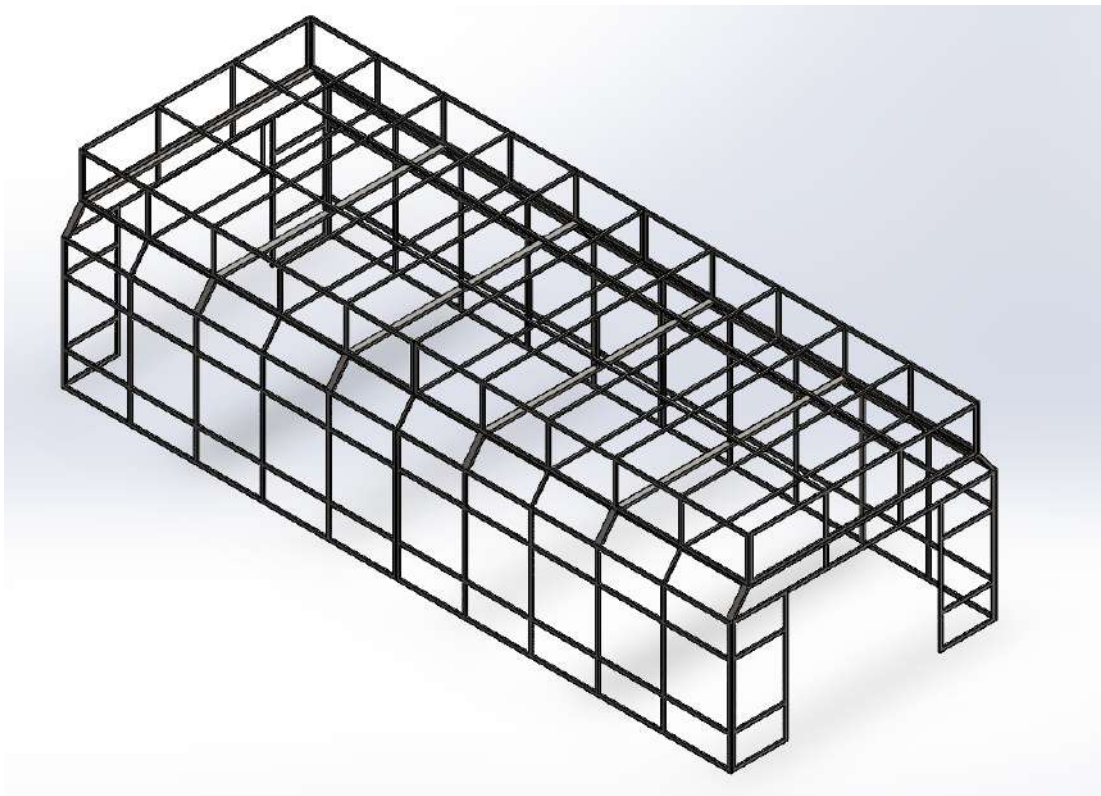
### 3.3 Diseño de la cabina de lijado

Para el diseño de la estructura metálica de la cabina de lijado se han considerado las cargas que actúan sobre ella y el espacio asignado para la construcción. Inicialmente, se diseña un boceto lineal en un Software CAD.



**Figura 23.** Boceto de la estructura metálica.

Con el boceto estructural se diseña la cabina con los perfiles respectivos.



**Figura 24.** Ensamble del perfil estructural.



La cabina de lijado se compone de la estructura metálica con perfiles estructurales, a su vez, está recubierta por planchas de tol de acero galvanizado. A continuación se muestran los materiales utilizados para el ensamblaje estructural.

**Tabla 11.** Componentes estructurales de la cabina de lijado.

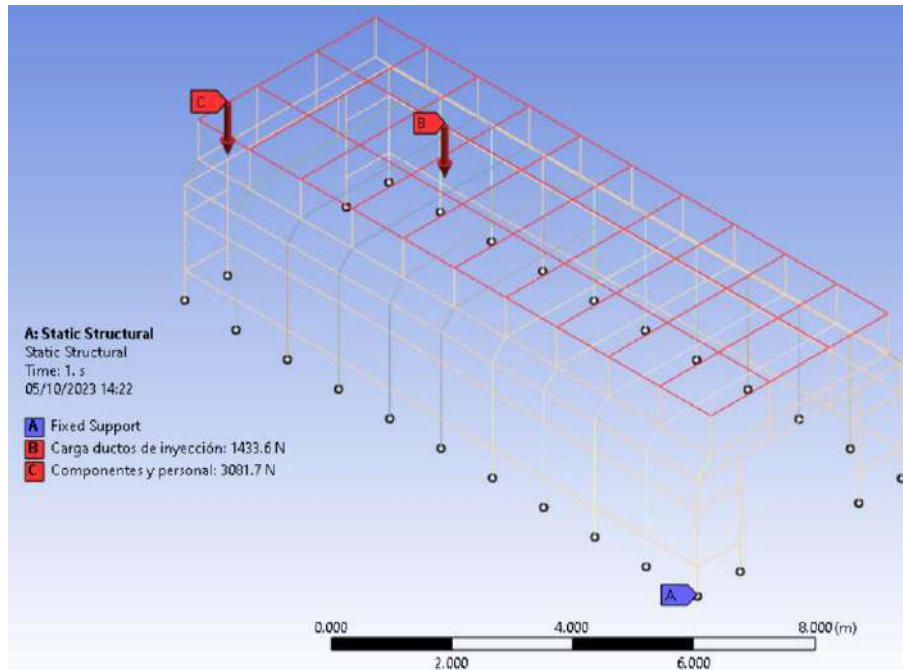
| Componentes estructurales de la cabina de lijado |               |           |
|--|---------------|-----------|
| Item   | Medida [mm]   | Norma     |
| Tubo rectangular                                 | 60x30x3       | ASTM A36  |
| Tubo rectangular                                 | 100x50x3      | ASTM A36  |
| Tubo cuadrado                                    | 40x40x3       | ASTM A36  |
| Tol galvanizado                                  | 2400x1200x0.7 | ASTM A653 |

Las cargas soportadas por la estructura metálica de la cabina son principalmente los ductos de inyección, el recubrimiento con láminas de acero y el personal que pueda hacer mantenimiento en la parte superior de la cabina, el cual se estima de 4 personas.

**Tabla 12.** Cargas presentes en el techo de la estructura.

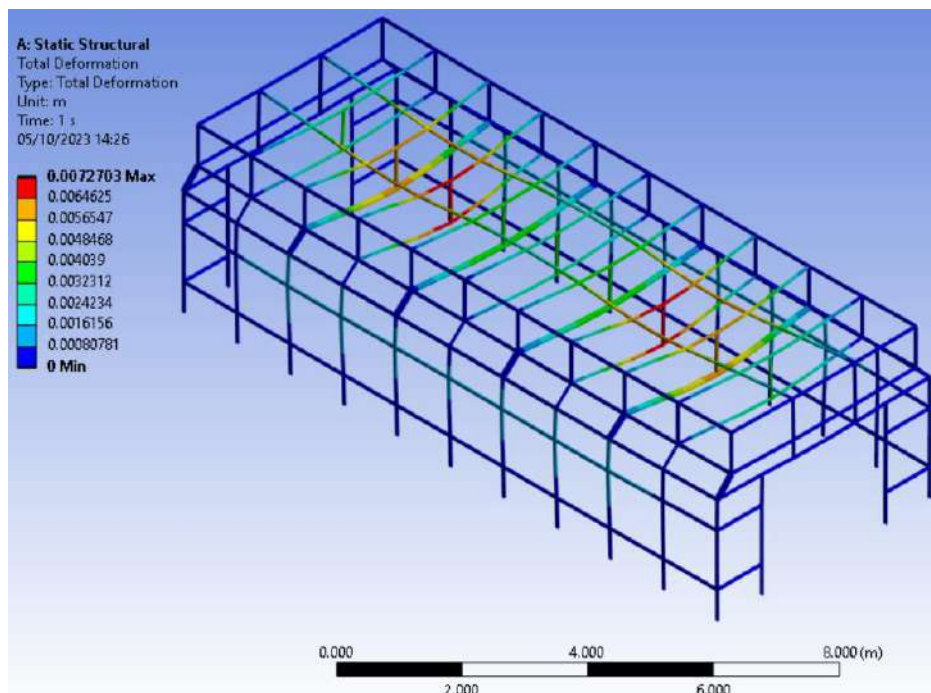
| Componente                                | Masa (kg) | Peso (N)  |
|---|-----------|-----------|
| Personal de mantenimiento<br>(4 personas) | 280       | 2746.8    |
| Ductos de inyección                       | 146.14    | 1433.6334 |
| Láminas de recubrimientos                 | 34.14     | 334.9134  |
| Total                                     | 460.28    | 4515.3468 |

El peso de la estructura está dado por su material, el cual fue asignado en el software para la simulación. Ya con todas las cargas se procedió a realizar el análisis estático de la estructura para determinar los esfuerzos y el factor de seguridad.

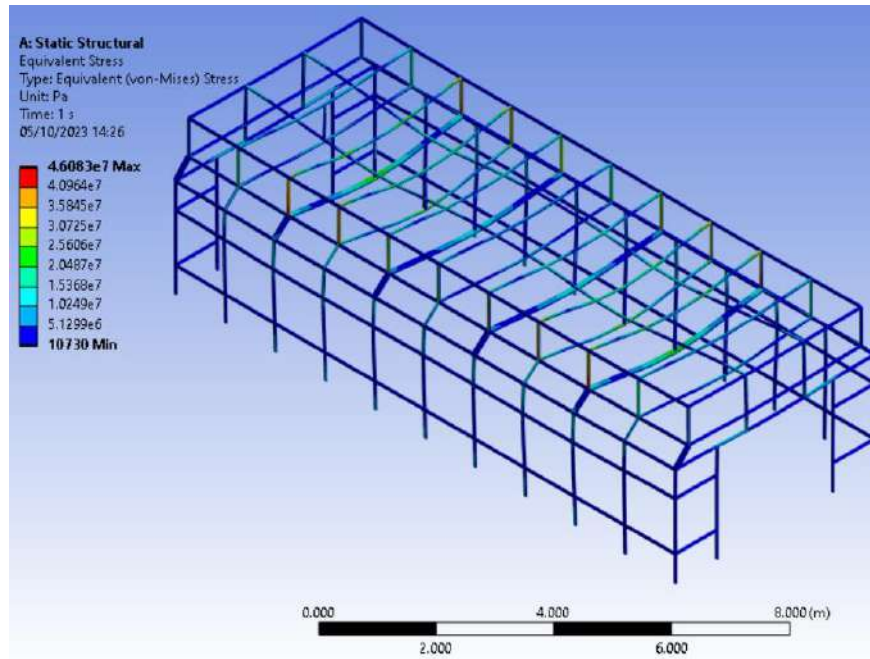


**Figura 25.** Asignación de cargas para la estructura de la cabina.

El análisis estático mostró que la estructura metálica de la cabina de lijado puede soportar un esfuerzo máximo de 46.083 MPa y una deformación máxima de 0.007 m, como se puede apreciar en la figura 26 y la figura 27.

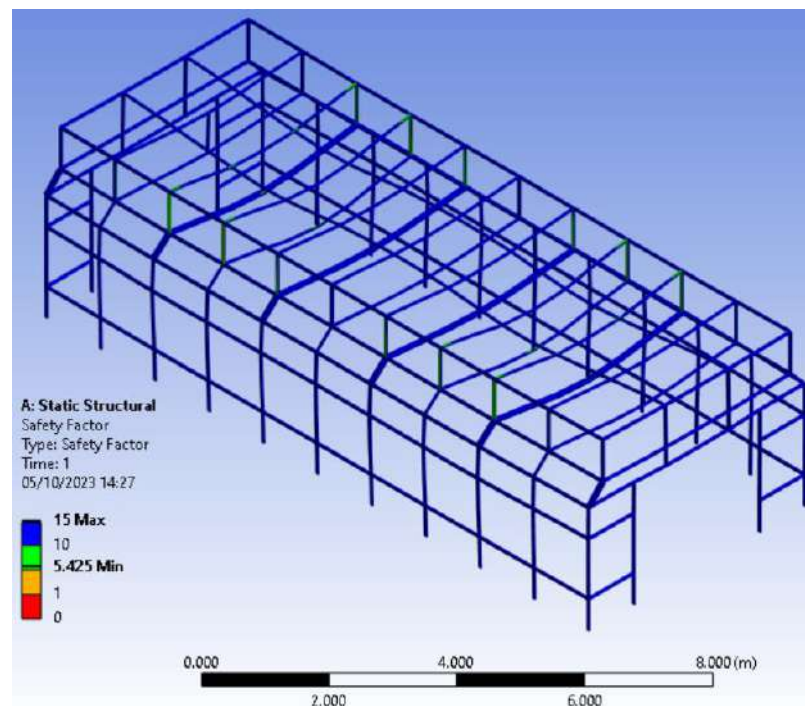


**Figura 26.** Desplazamiento máximo en la estructura.



**Figura 27.** Esfuerzo máximo admisible en la estructura.

De la misma manera, a través de la simulación se determinó el factor de seguridad de la estructura, cuyo valor mínimo fue de  $n_s=5.42$  el cual es mayor que 1, por lo que las cargas no generan fallos en la estructura.



**Figura 28.** Factor de seguridad de la estructura.

### 3.4 Diseño de sistemas de inyección y extracción de aire

#### 3.4.1 Cálculo del caudal de inyección de aire

El caudal se define como la cantidad de líquido que fluye en una unidad de tiempo, medido en volumen. Para calcular el caudal de inyección  $Q_i$ , que debe estar relacionado con el espacio de la cabina de pulido, se utilizan los valores de velocidad y volumen. Los valores de caudal se determinan multiplicando el volumen por las renovaciones por hora, utilizando una ecuación específica [24].

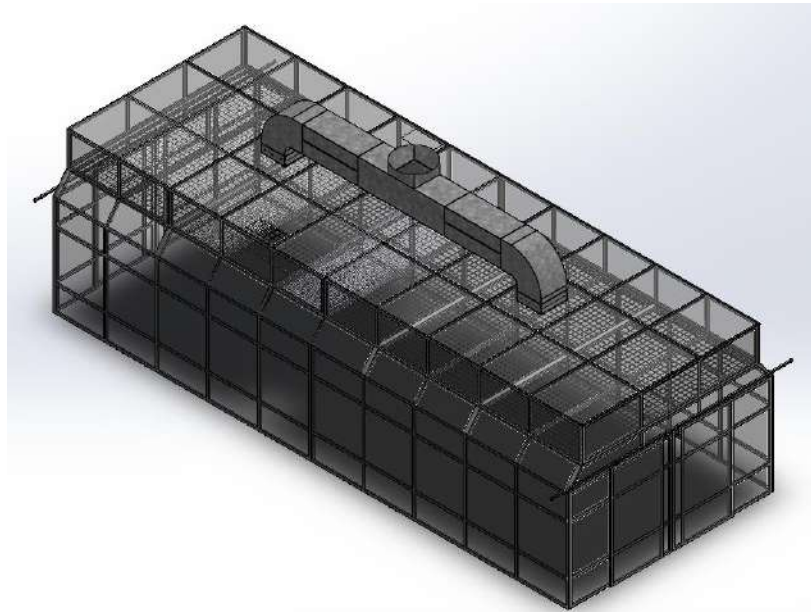
$$Q_i = VcN \quad \text{Ec. 12}$$

$$Q_i = (154.872 \text{ m}^3)(150 \text{ h}^{-1}) = 23230.8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_i = 6.453 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

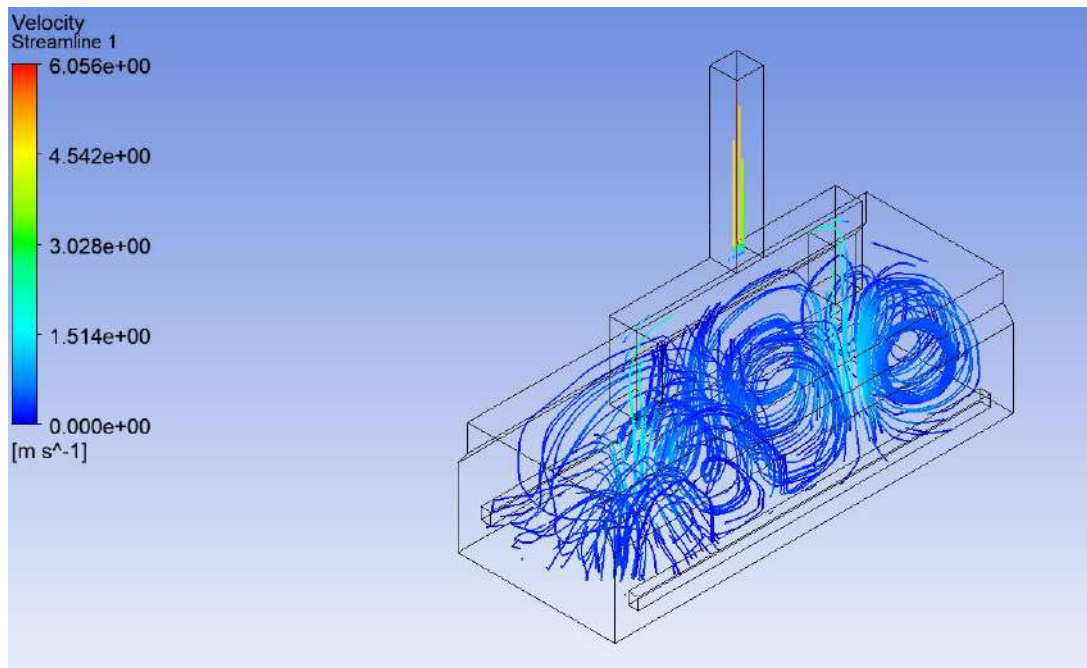
#### 3.4.2 Ductos de inyección

Para el diseño de los ductos de inyección de aire se optó por una distribución en dos puntos. El aire es inyectado por el ventilador hacia el pleno de la cabina de lijado y se distribuye uniformemente en el espacio de trabajo de la cabina.



**Figura 29.** Diseño de ductos de inyección.

Con el diseño de los ductos se realizó una simulación de la trayectoria del ingreso del aire en la cabina para conocer su comportamiento y las zonas de turbulencia.

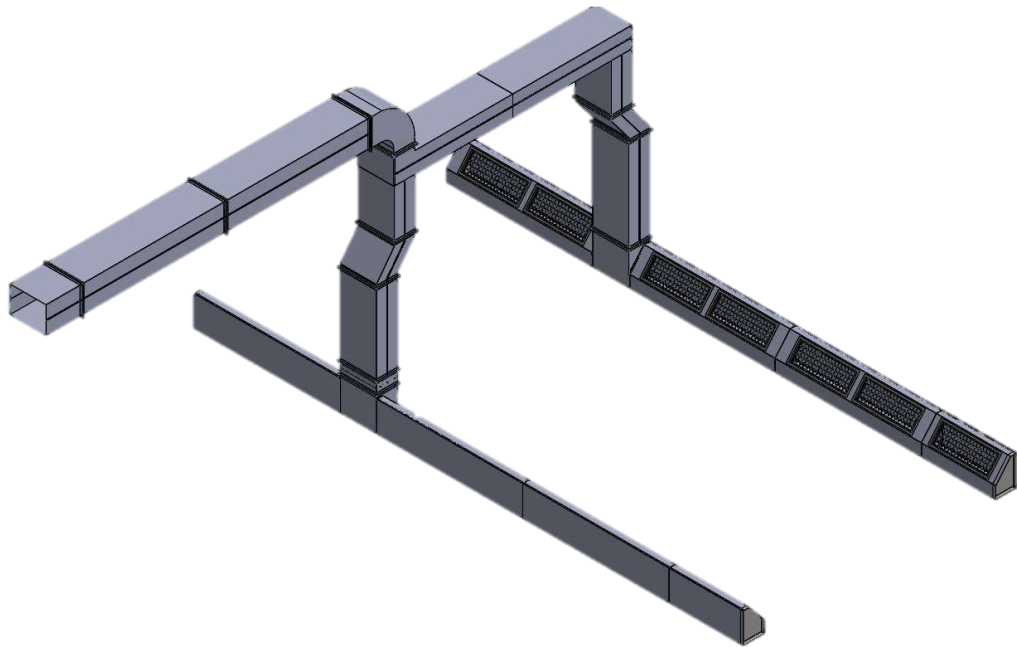


**Figura 30.** Simulación trayectoria de ingreso de aire.

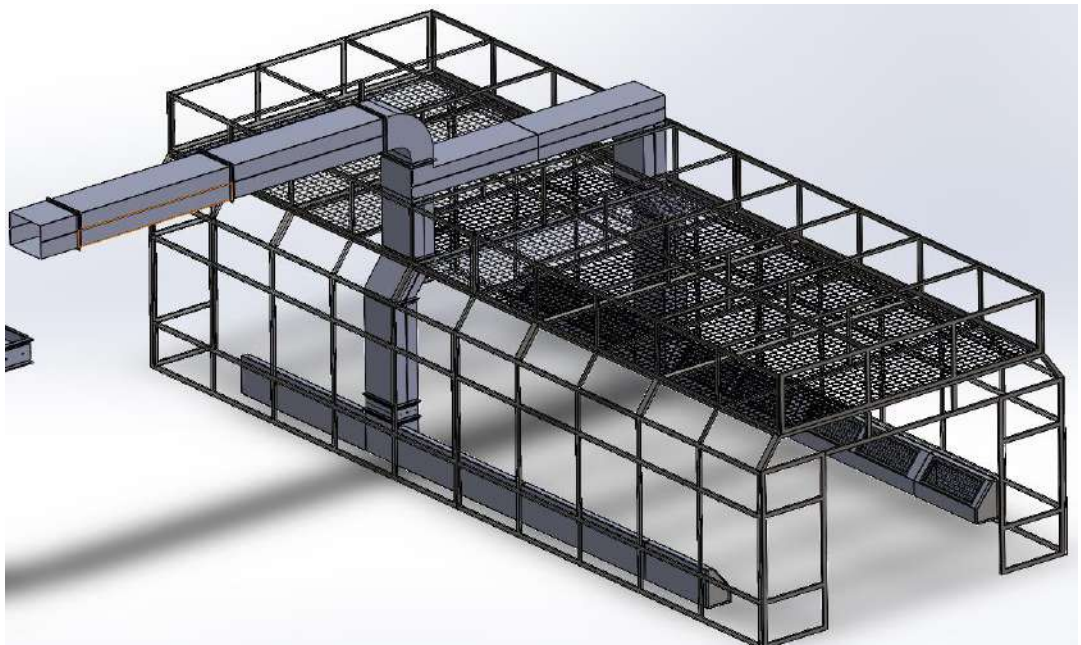
La simulación mostró que el aire ingresa a baja velocidad a la cabina asentando las partículas de polvo facilitando la extracción.

### **3.4.3 Ductos de extracción**

El diseño de los ductos de extracción de aire se lo realizó tomando en cuenta el flujo de aire impulsado desde la parte superior de la cabina de lijado. Se colocaron ductos de extracción en la parte baja de la cabina a ambos lados, estos ductos cuentan con rejillas y filtros para la extracción.



**Figura 31.** Diseño de los ductos de extracción.



**Figura 32.** Ubicación de los ductos de extracción dentro de la cabina de lijado.

Los ductos de extracción salen desde el interior de la cabina de lijado hacia la parte superior, allí se conectan ambos lados y se acoplan a los ductos de salida de la cabina de sellado adjunta.

### 3.4.4 Pérdidas por fricción en ductos

Las pérdidas por fricción se calculan tanto en los ductos de inyección como en los ductos de extracción, tomando en cuenta las dimensiones en cada tramo y los accesorios.

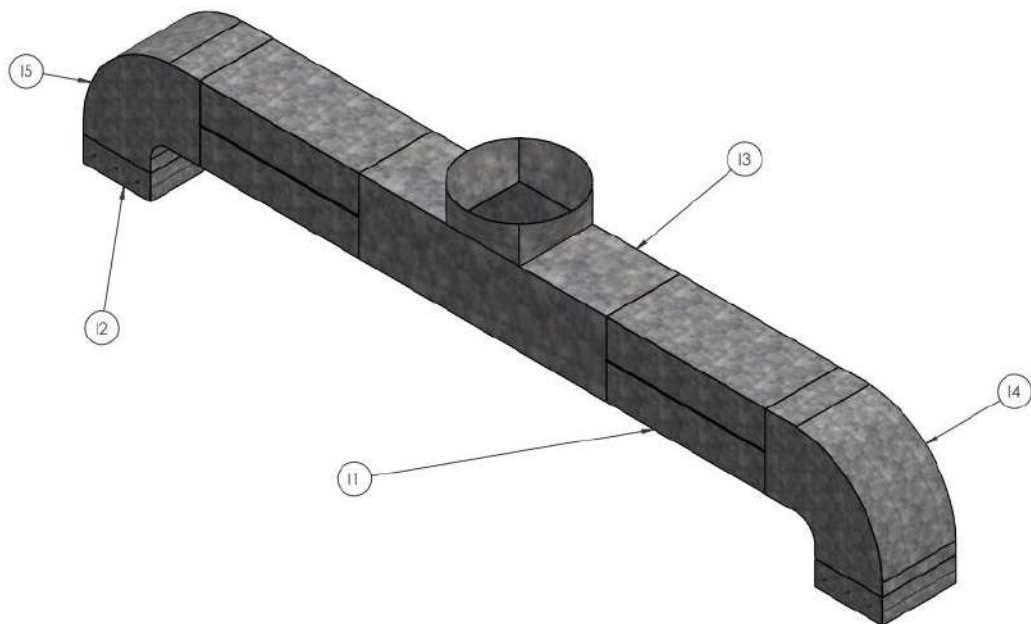
Es necesario determinar un diámetro equivalente para los ductos, el cual se calculó mediante la ecuación 7.

$$D_e = \frac{1.3(ab)^{5/8}}{(a + b)^{1/4}} \text{ [m]} \quad \text{Ec. 7}$$

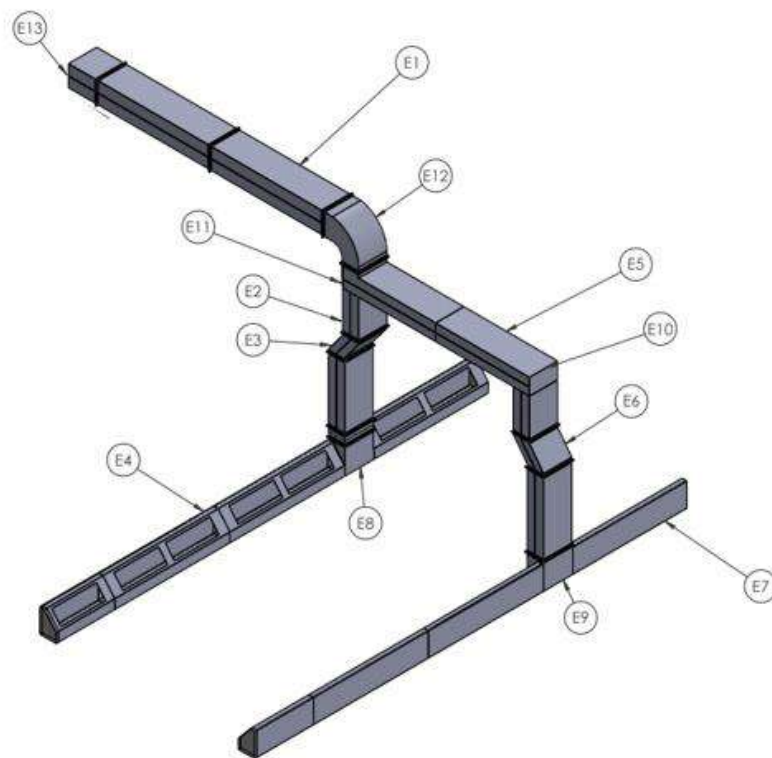
Para la sección II (Figura 33) de los ducto de inyección de 60 x 60 cm el diámetro se calcularía de la siguiente manera:

$$D_e = \frac{1.3((0.6)(0.6))^{5/8}}{(0.6 + 0.6)^{1/4}} = 0.66 \text{ [m]}$$

Del mismo modo se prosiguió con las diferentes secciones de los tramos de los ductos, cuyos diámetros equivalentes se muestran en la tabla 13.



**Figura 33.** Identificación numérica de secciones de ducto y accesorios de los ductos de inyección.



**Figura 34.** Identificación numérica de secciones de ducto y accesorios de los ductos de extracción.

**Tabla 13.** Diámetros equivalentes de los tramos de los ductos de inyección y extracción.

| Sistema    | Ducto | Medida de ducto (cm) |      | Diámetro equivalente (cm) | Longitud (cm) |
|------------|-------|----------------------|------|---------------------------|---------------|
|            |       | Ancho                | Alto |                           |               |
| Inyección  | I1    | 60                   | 60   | 65.58992                  | 260           |
|            | I2    | 60                   | 55   | 62.782717                 | 20            |
| Extracción | E1    | 60                   | 60   | 65.58992                  | 540           |
|            | E2    | 60                   | 35   | 49.647743                 | 271           |
|            | E3    | 60                   | 27   | 43.152943                 | 50            |
|            | E4    | 40                   | 35   | 40.879734                 | 845           |
|            | E5    | 60                   | 35   | 49.647743                 | 599           |
|            | E6    | 60                   | 27   | 43.152943                 | 50            |
|            | E7    | 40                   | 35   | 40.879734                 | 845           |

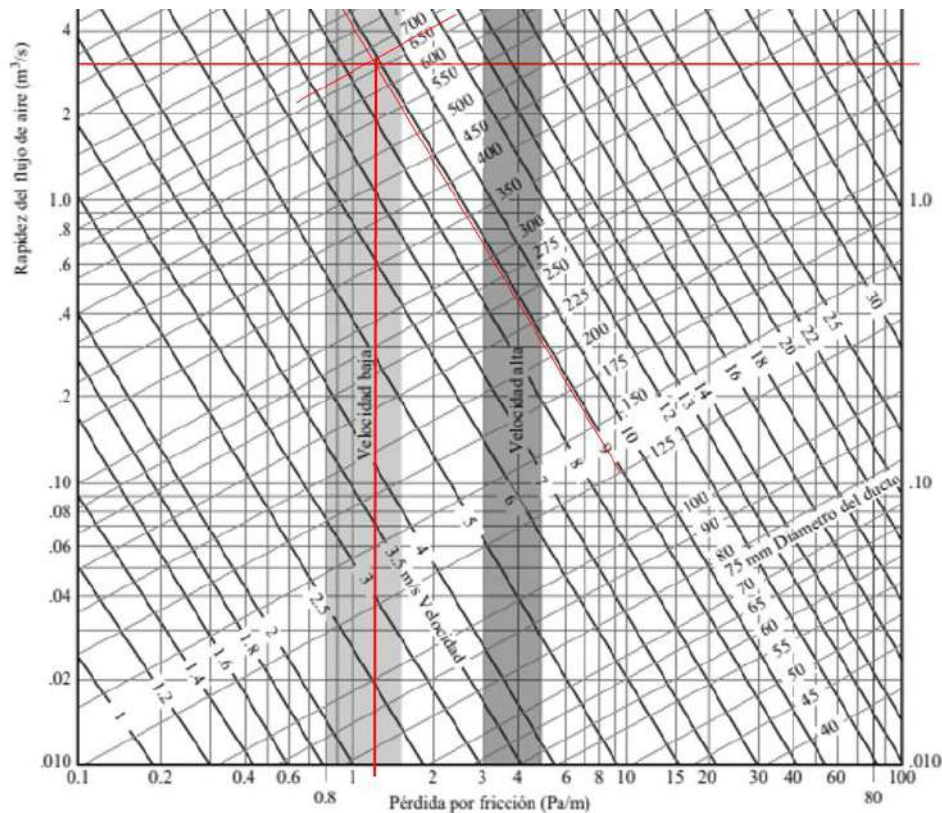


Una vez obtenido el diámetro equivalente para las diferentes secciones, y teniendo en cuenta que la velocidad de flujo según las renovaciones de aire recomendadas para la cabina es de  $6.453 \text{ m}^3/\text{s}$  se procedió a determinar el caudal para cada sección y las pérdidas de energía a través de la ecuación 8.

Para el ducto I1 de  $60 \times 60 \text{ cm}$  con una longitud de  $260 \text{ cm}$  las pérdidas de energía se calcularon de la siguiente manera:

$$H_L = h_L \left( \frac{L}{100} \right) [\text{Pa}] \quad \text{Ec. 8}$$

Para calcular las pérdidas por fricción se utilizó el diagrama de la figura 35 con los datos de caudal, velocidad de aire y el diámetro equivalente del ducto.



**Figura 35.** Pérdida por fricción en ductos de  $60 \times 60 \text{ cm}$ .

$$h_L = 1.2 [\text{Pa/m}]$$

$$H_L = 1.2 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \left( \frac{2.6\text{m}}{100} \right)$$

$$H_L = 0.0312[\text{Pa}]$$

La tabla 14 muestra la pérdida de energía total en cada tramo del ducto.

**Tabla 14.** Valores de pérdida de energía en cada sección de los ductos.

| Sistema    | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Ducto | Medida de ducto (cm) |      | Diámetro equivalente (cm) | Longitud (cm) | Velocidad (m/s) | Pérdida por fricción (Pa/m) | Pérdida de energía HL (Pa) |
|------------|-------------------------------|-------|----------------------|------|---------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|
|            |                               |       | Ancho                | Alto |                           |               |                 |                             |                            |
| Inyección  | 3.23                          | I1    | 60                   | 60   | 65.58992                  | 260           | 8.972222        | 1.2                         | 0.0312                     |
|            |                               | I2    | 60                   | 55   | 62.782717                 | 20            | 9.787879        | 1.5                         | 0.003                      |
| Extracción | 6.453                         | E1    | 60                   | 60   | 65.58992                  | 540           | 17.925          | 5                           | 0.27                       |
|            | 2.1295                        | E2    | 60                   | 35   | 49.647743                 | 271           | 10.14043        | 2.75                        | 0.0745                     |
|            |                               | E3    | 60                   | 27   | 43.152943                 | 50            | 13.145          | 5.25                        | 0.0263                     |
|            |                               | E4    | 40                   | 35   | 40.879734                 | 845           | 15.21064        | 6.75                        | 0.5704                     |
|            | 4.259                         | E5    | 60                   | 35   | 49.647743                 | 599           | 20.28086        | 9.5                         | 0.5691                     |
|            |                               | E6    | 60                   | 27   | 43.152943                 | 50            | 26.29           | 17                          | 0.085                      |
|            |                               | E7    | 40                   | 35   | 40.879734                 | 845           | 30.42129        | 25                          | 2.1125                     |

Los valores obtenidos de pérdidas de energía en los ductos dan una pérdida de energía total de 0.0342 Pa en los ductos de inyección, y 2.88 Pa en los ductos de extracción.

### 3.4.5 Pérdidas dinámicas en ductos

Para el cálculo de las pérdidas dinámicas en los ductos de inyección y extracción de aire se determinaron todos los tipos de accesorios que constituyen a ambos sistemas de flujo de aire. A través de las velocidades en cada sección de los ductos calculadas anteriormente, y determinando el coeficiente de pérdida dinámica en base a los valores de la tabla 14, se calculan las pérdidas dinámicas utilizando las ecuaciones 9 y 11.

$$H_L = CH_v [\text{Pa}] \quad \text{Ec. 9}$$

$$H_v = \left( \frac{v}{1.289} \right)^2 [\text{Pa}] \quad \text{Ec. 11}$$

Para el accesorio I3 Las pérdidas de energía se calcularon de la siguiente manera:

$$H_v = \left( \frac{8.97}{1.289} \right)^2 = 48.45 [\text{Pa}]$$

$$H_L = 0.1(48.45) = 4.845 [\text{Pa}]$$

La tabla 15 muestra los valores obtenidos.

**Tabla 15.** Valores de pérdidas dinámicas en cada accesorio.

| Sistema    | Accesorio | Tipo de accesorio | Coefficiente de pérdida dinámica C | v (m/s)    | Hv (Pa)    | HL dinámico (Pa) |
|------------|-----------|-------------------|------------------------------------|------------|------------|------------------|
| Inyección  | I3        | T                 | 0.1                                | 8.97222222 | 48.4500476 | 4.84500476       |
|            | I4        | Codo              | 0.18                               | 8.97222222 | 48.4500476 | 8.72100858       |
|            | I5        | Codo              | 0.18                               | 8.97222222 | 48.4500476 | 8.72100858       |
| Extracción | E8        | T                 | 0.1                                | 15.2106429 | 139.248108 | 13.9248108       |
|            | E9        | T                 | 0.1                                | 30.4212857 | 556.992433 | 55.6992433       |
|            | E10       | Codo              | 0.18                               | 20.2808571 | 247.552193 | 44.5593947       |
|            | E11       | T                 | 0.1                                | 20.2808571 | 247.552193 | 24.7552193       |
|            | E12       | Codo              | 0.18                               | 17.925     | 193.380418 | 34.8084752       |
|            | E13       | T                 | 0.1                                | 17.925     | 193.380418 | 19.3380418       |

### 3.4.6 Pérdidas totales en ductos

Una vez obtenidos los valores de pérdidas de energía por fricción y pérdidas dinámicas, se calculó la pérdida de energía total para los ductos de inyección y los ductos de extracción de aire.

**Tabla 16.** Pérdidas de energía totales en ductos.

| <b>Sistema</b>    | <b>HL por fricción (Pa)</b> | <b>HL Dinámicos (Pa)</b> | <b>HL Total (Pa)</b> | <b>HL Total (inH2O)</b> |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Inyección</b>  | 0.0342                      | 22.2870219               | 22.3212219           | 0.08971552              |
| <b>Extracción</b> | 0.94115                     | 193.085185               | 194.026335           | 0.77984861              |

### 3.4.7 Selección de los ventiladores

Ya con los valores de pérdidas de energía en carga de presión se calculó la velocidad de flujo volumétrico según las pérdidas tanto en el sistema de inyección como en el de extracción, mediante la ecuación 14.

$$Q = -2.22D^2 \sqrt{\frac{gDh_L}{L}} \log \left( \frac{1}{3.7D/\varepsilon} + \frac{1.784v}{D \sqrt{\frac{gDh_L}{L}}} \right) \quad \text{Ec. 14}$$

Para obtener los valores de pérdida de energía en unidades de pérdida de energía por unidad de peso [J/N=m], dividimos dichos valores para el peso específico ( $\gamma$ ) del fluido, en este caso el aire a condiciones estándar, cuyo valor es 12.017 N/m<sup>3</sup>.

**Tabla 17.** Valores de pérdidas de energía en unidades de energía por unidad de peso.

| <b>Sistema</b>    | <b>HL Total (Pa)</b> | <b>HL Total (m)</b> |
|-------------------|----------------------|---------------------|
| <b>Inyección</b>  | 22.321222            | 1.85747041          |
| <b>Extracción</b> | 194.02634            | 16.1459878          |

El cálculo del caudal de los ductos de inyección se realiza de la siguiente manera:

La rugosidad absoluta de los ductos de acero galvanizado es de 0.00015 m, y la viscosidad cinemática es 0.0000151 m<sup>2</sup>/s. Con estos datos reemplazamos en la fórmula.

$$Q = -2.22(0.62\text{m})^2 \sqrt{\frac{(9.81\text{m/s}^2)(0.62\text{ m})(1.87\text{m})}{2.8\text{m}}}$$

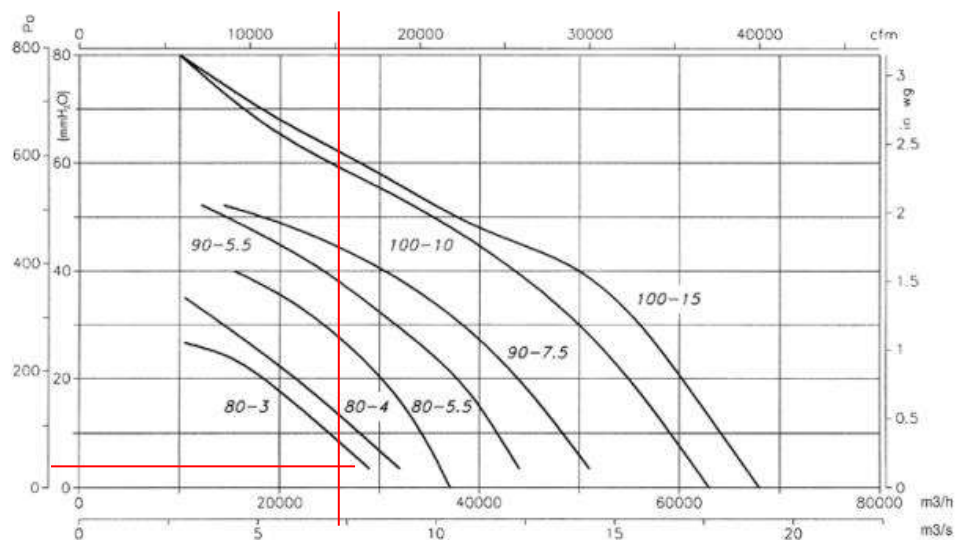
$$\log\left(\frac{1}{3.7(0.62\text{m})/(0.00015\text{m}^2/\text{s})} + \frac{1.784(0.0000151\text{m}^2/\text{s})}{(0.62\text{m})\sqrt{\frac{(9.81\text{m/s}^2)(0.62\text{ m})(1.87\text{m})}{2.8\text{m}}}}\right)$$

$$Q = 7.19\text{m}^3/\text{s} = 255893.709\text{m}^3/\text{h}$$

**Tabla 18.** Valores de caudal según las pérdidas de energía a lo largo de los ductos de cada sistema de flujo de aire.

| Sistema    | HL Total (Pa) | HL Total (m) | D (m)   | L (m) | $\epsilon$ (m) | v (m <sup>2</sup> /s) | Q (m <sup>3</sup> /s) | Q (m <sup>3</sup> /h) |
|------------|---------------|--------------|---------|-------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Inyección  | 22.321222     | 1.8574704    | 0.62783 | 2.8   | 0.00015        | 0.0000151             | 7.1926969             | 25893.709             |
| Extracción | 194.02634     | 16.145988    | 0.4088  | 32    | 0.00015        | 0.0000151             | 2.0249941             | 7289.9788             |

Para el caudal calculado en los ductos de inyección de aire de 25893.709 m<sup>3</sup>/h se seleccionó un ventilador helicoidal tubular en base a las curvas características del modelo.

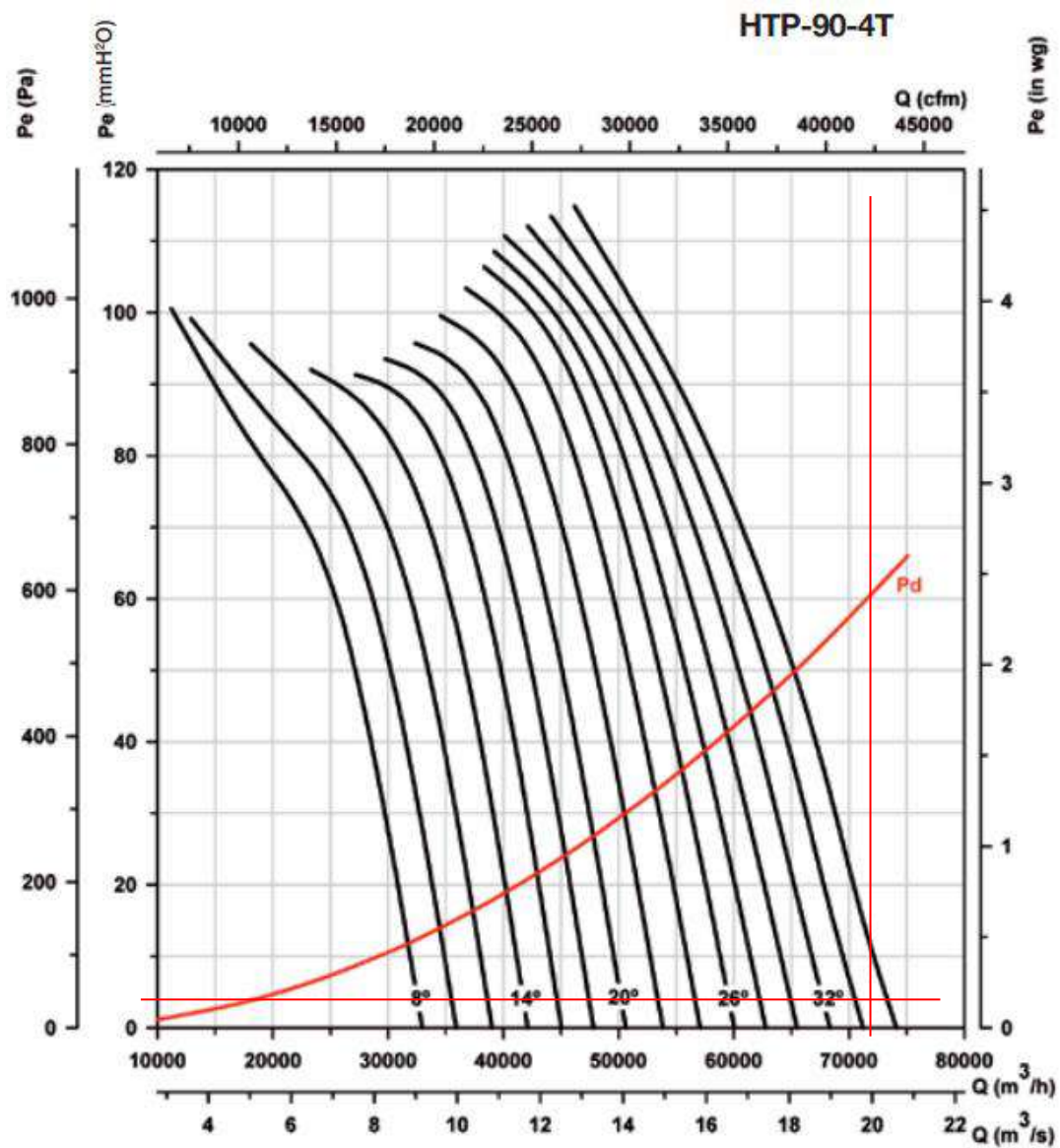


**Figura 36.** Selección del tipo de ventilador helicoidal tubular, con motor exterior marca SODECA [26].

Para los ductos de extracción de aire, el valor de caudal calculado es el 31.38% del necesario, por lo que el extractor tiene que responder a un caudal 3.187 veces mayor que el caudal de inyección calculado, para superar las pérdidas de energía generadas en los ductos.

$$(6.453\text{m}^3/\text{s})(3.187) = 20.564\text{m}^3/\text{s} = 74030.4\text{m}^3/\text{h}$$

Para este caudal se seleccionó un extractor axial tubular de alta presión escogiendo el modelo según las curvas características.



**Figura 37.** Selección del tipo de extractor axial tubular de alta presión marca SODECA [26].

Los ventiladores seleccionados para la cabina de lijado son:

- Ventilador helicoidal tubular HPX-71-4T-3 para la inyección de aire.
- Extractor axial tubular de alta presión HTP-125-4T-50 para la extracción de aire.

**Tabla 19.** Características técnicas del ventilador helicoidal tubular y extractor axial tubular de alta presión [26].

| Características técnicas |               |                        |  |                            |                               |   |                        |
|--------------------------|---------------|------------------------|--|----------------------------|-------------------------------|---|------------------------|
| Sistema                  | Modelo        | Velocidad<br>(rev/min) | Intensidad<br>máx.<br>admisible<br>(A) |                            | Potencia<br>instalada<br>(kW) | Caudal<br>máximo<br>(m <sup>3</sup> /h) | Peso<br>aprox.<br>(kg) |
| Inyección                | HPX-80-4T-3   | 1200                   | 8.49<br>(220-<br>277V<br>)             | 4.90<br>(380-<br>480<br>V) | 2.20                          | 29000                                   | 95                     |
| Extracción               | HTP-125-4T-50 | 1775                   | 68 (380-480V)                          |                            | 37                            | 79650                                   | 525                    |

Al comparar el caudal máximo de cada equipo con el caudal calculado para cada sistema de ductos, tanto de inyección de aire como de extracción, se puede apreciar que satisfacen dichos valores, por lo que resultan adecuados para ser implementados en la cabina de lijado.

### 3.5 Construcción de la cabina de lijado

Después de haber diseñado los elementos y sistemas de la cabina de lijado se procedió a construir la cabina con los materiales seleccionados.

### 3.5.1 Presupuesto





**Tabla 20.** Presupuesto para la construcción de la cabina de lijado.

| Descripción                                      | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total      |
|--|----------|-----------------|-------------------|
| Tubo rectangular Acero ASTM A 36 60x30x3 mm      | 36       | 32.53           | 1171.08           |
| Tubo rectangular Acero ASTM A36 100x50x3 mm      | 4        | 37.62           | 150.48            |
| Tubo cuadrado Acero ASTM A36 40x40x3 mm          | 24       | 24.96           | 599.04            |
| Tol galvanizado Acero ASTM A653 2400x1200x0.7 mm | 64       | 120.22          | 7694.08           |
| Ángulo Acero ASTM A36 30x3 mm                    | 2        | 22.15           | 44.3              |
| Varilla cuadrada ½ in                            | 80       | 6.72            | 537.6             |
| Autoperforante ½ in                              | 1000     | 0.01            | 10                |
| Luminarias LED                                   | 14       | 56.24           | 787.36            |
| Tuercas  | 216      | 0.20            | 43.2              |
| Pernos   | 216      | 0.20            | 43.2              |
| Mano de obra                                     | 4        | 250.00          | 1000              |
| Soldadura  | 4        | 75.00           | 300               |
| Insumos  | 1        | 250.00          | 250               |
| Costo de diseño                                  | 1        | 800.00          | 800               |
| <b>TOTAL</b>                                     |          |                 | <b>\$13430.34</b> |



### 3.5.2 Proceso de construcción

**Tabla 21.** Proceso de construcción de la cabina de lijado.

| <b>Proceso de construcción de la cabina de lijado</b> |  |   |
|---|--|---|
| <b>Elemento</b>                                       | <b>Imagen</b>  | <b>Descripción</b>  |
| Estructura metálica                                   |    | Estructura metálica que soportará los ductos de inyección y cubrirá la zona de trabajo. |
| Rejas para filtros                                    |   | Marcos metálicos con rejas para colocar los filtros de aire.                            |
| Recubrimiento de la estructura                        |  | Recubrimiento de planchas de acero de la estructura y la zona de trabajo.               |
| Luminarias LED  |  | Luminarias para iluminar la zona de trabajo y las unidades.                             |

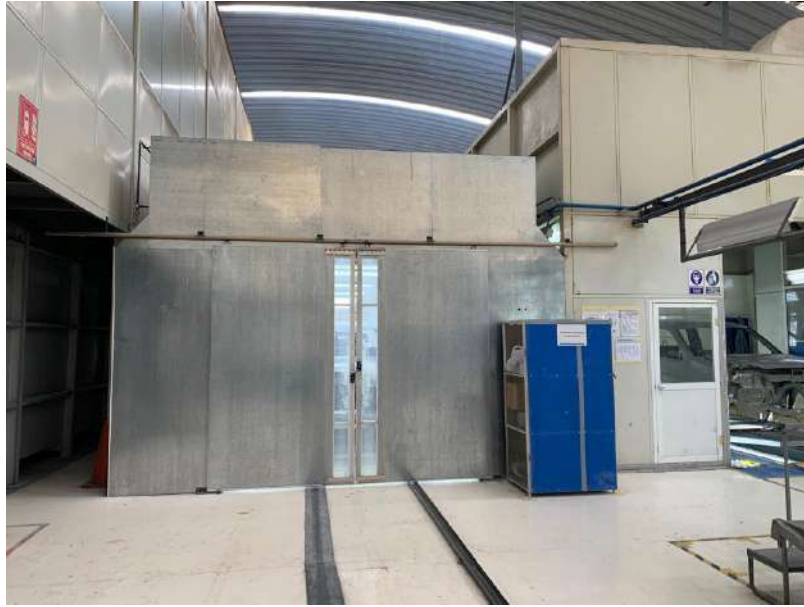
**Tabla 21.** Proceso de construcción de la cabina de lijado (continuación).

| <b>Proceso de construcción de la cabina de lijado</b> |  |  |
|---|--|--|
| <b>Elemento</b>                                       | <b>Imagen</b>  | <b>Descripción</b>   |
| Ductos de inyección                                   |   | Ductos hechos con planchas de acero para dirigir el aire hacia el interior de la cabina. |
| Ductos de extracción internos                         |  | Ductos de acero para extraer el aire del interior de la cabina.                          |

**Tabla 21.** Proceso de construcción de la cabina de lijado (continuación).

| <b>Proceso de construcción de la cabina de lijado</b> |   |  |
|---|---|--|
| <b>Elemento</b>                                       | <b>Imagen</b>   | <b>Descripción</b>   |
| Ductos de extracción externos                         |   | Ductos de acero para dirigir el aire hacia el exterior del área de pintura.  |
| Puertas   |  | Estructuras metálicas deslizantes recubiertas con planchas de acero para permitir el paso de las unidades y retener el aire dentro de la cabina de lijado. |

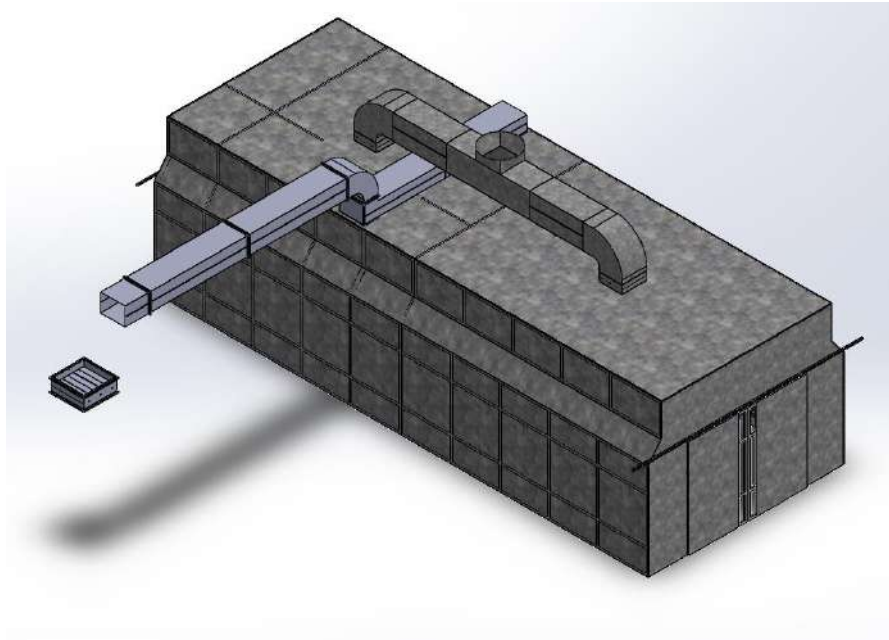
### 3.5.3 Comparación entre el diseño real y la simulación en software



**Figura 38.** Frente de la cabina de lijado diseño real.



**Figura 39.** Parte superior de la cabina de lijado diseño real.



**Figura 40.** Cabina de lijado diseño en software.

#### **3.5.4 Verificación del funcionamiento de la cabina de lijado**

La cabina de lijado en operación dentro del flujo productivo del área de pintura satisface las necesidades del producto y del espacio disponible. Por ella pasan alrededor de 60 unidades al día. La zona de trabajo de la cabina de lijado abarca dos unidades y cuatro trabajadores.



**Figura 41.** Unidades y trabajadores dentro de la cabina de lijado.

El inyector de aire distribuye el fluido a través de los ductos y estos hacia el interior de la cabina de una manera uniforme. Las partículas de polvo se dirigen hacia la parte inferior de la cabina. Utilizando un equipo de medición de velocidad de aire (anemómetro) se obtuvo un valor promedio de velocidad del aire en el interior de la cabina de 1.38 m/s.



**Figura 42.** Velocidad del aire en el interior de la cabina medido con un anemómetro.

De la misma manera, se verifica la velocidad de aire en la extracción a través de los ductos internos de la cabina obteniendo un valor promedio de 0.88 m/s.



**Figura 43.** Velocidad del aire en los filtros de extracción en el interior de la cabina.

La cabina de lijado ha solucionado el problema de flujo productivo, pues ha disminuido el tiempo promedio que tarda una unidad en pasar por el área de lijado. Los tiempos muertos han sido eliminados casi en su totalidad. Los trabajadores ya no necesitan realizar horas extras para cubrir la cuota de producción diaria. El flujo productivo en el área de pintura es continuo con un tiempo de producción de  $t=7.15$  min/unidad (Capacidad de producción=0.14 unidad/min).

**Tabla 22.** Bitácora de número de unidades procesadas en un día en la etapa de lijado con la nueva cabina.

| Tipo de pintura \ Modelo | WINGLE | VAN | SGO1 | CABINA |
|--------------------------|--------|-----|------|--------|
| ELPO                     | 5      | 0   | 27   | 32     |
| PRIMER                   | 15     | 1   | 12   | 28     |
| REPROCESO<br>TOTAL       | 0      | 5   | 0    | 5      |
| Total                    |        |     |      | 65     |

## CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Para la construcción de una cabina de lijado existen tres factores fundamentales: la inyección de aire, la extracción del aire y el espacio necesario para realizar el trabajo de lijado.
- El sistema de extracción semivertical es la mejor alternativa para el flujo de aire en la cabina de lijado implementada, debido a que se extrae de manera efectiva el aire y no se necesita una intervención de Ingeniería Civil en la zona de construcción.
- Después de la implementación y la verificación de funcionamiento de la cabina de lijado se concluye que costo total del proyecto de \$13430.34 puede ser reducido al utilizar estructuras adyacentes del área de pintura, además de un sistema de extracción de aire exclusivo para la cabina.
- Cada uno de los componentes de la cabina de lijado han sido diseñados mediante un software CAD, cuyas simulaciones de la estructura justificaron las dimensiones y los materiales seleccionados.
- Se examinó el problema de flujo productivo dentro del área de pintura de la empresa Ciauto y se concluye que la implementación de una cabina de lijado adicional solucionó el problema de retraso en la producción, el cual se encontraba en el proceso de lijado que producía una cantidad inferior a la cuota de unidades diarias.
- Se designó un lugar adecuado para la construcción de la cabina de lijado, el cual se encuentra junto a la cabina de lijado existente. Así, la nueva cabina respondió a las necesidades del espacio, el producto y la producción.
- El diseño y construcción de la cabina de lijado, representó un beneficio económico y un ahorro de tiempo para la empresa Ciauto, ya que, en comparación a la cabina adjunta ya existente que fue importada de China y ensamblada en la planta, esta fue una producción 100% nacional diseñada específicamente para las necesidades del lugar y el proceso de la empresa y con materiales nacionales. La implementación de este proyecto eliminó tiempos de espera de negociación e



importación de equipos y materiales, y el costo del proyecto fue mucho menor al de importar una cabina extranjera el cual es de aproximadamente 25000 dólares.

- Se diseñó y construyó una cabina de lijado para la empresa Ciauto, la cual dio como resultado una mejora en la capacidad de producción de 0.086 unidades/min a 0.14 unidades/min, que representa más de 15 unidades al día, con lo cual se alcanza la cuota diaria de producción.

## **4.2 Recomendaciones**

- La cabina de lijado debe tener un ventilador de extracción individual para poder evitar la acumulación de partículas de polvo provenientes del trabajo de lijado.
- La selección del tipo de flujo de aire dentro de la cabina se debe seleccionar considerando el espacio de trabajo y el proceso que se desarrolle en el mismo.
- Para reducir el costo de producción se debe realizar un presupuesto que se base en el diseño de la cabina de lijado.
- Para diseñar la cabina de lijado se debe seleccionar el software CAD más adecuado para obtener valores fiables.
- Es necesario que la empresa tenga datos del tiempo del proceso productivo para poder analizar problemas de flujo productivo.
- El lugar de implementación de la cabina de lijado debe ser designado analizando las direcciones del flujo productivo y el espacio disponible en el área de trabajo.
- Se debe utilizar protección adecuada para los trabajos de lijado, debido a que la cantidad de polvo dentro de la cabina puede causar problemas respiratorios.
- Las luminarias deben funcionar todo el tiempo de trabajo dentro de la cabina para evitar errores en el trabajo de pulido.
- Se debe verificar que los filtros de aire no estén deteriorados para que el equipo de extracción no se obstruya o se dañe.
- Los vehículos que entren en la cabina deben cumplir con las medidas correspondientes al espacio de trabajo para que no haya daños en las mismas y los trabajadores tengan el espacio suficiente para realizar su trabajo con normalidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. E. Narváez, “Diseño de una cabina de pulido para el área de pintura de la empresa privada METALMEIDA Cía. Ltda.”, *Atenas Revista Científica Técnica y Tecnológica*, pp. 1–22, ene. 2021, doi: 10.36500/atenas.1.005.
- [2] R. I. Salazar, “Diseño y construcción de una cámara de secado de pintura express para piezas automotrices para el mejoramiento de la productividad de la empresa Fixauto de la ciudad de Ambato”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017. Accedido: 25 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26810>
- [3] W. R. Chimborazo Chicaiza y V. H. Guachimposa Villalba, “Estudio de tiempos y movimientos en el proceso de ensamble del modelo Wingle 7, planta de pintura, área de lijado y sellado de la empresa Ciauto cía. Ltda.”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022. Accedido: 25 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36430>
- [4] A. Robalino y R. Gallegos, *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 037 “Diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero”*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, 2009. Accedido: 1 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/057\\_rte037.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/057_rte037.pdf)
- [5] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 415:2008 tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales*. Ecuador: INEN, 2008, pp. 2–4.
- [6] J. Rivero Fernández, “Diseño De Una Cabina De Pintura Para Puertas De Grandes Dimensiones”, Universidad de Cantabria, Cantabria, 2018. Accedido: 2 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/14699/410599.pdf;jsessionid=AA1B89A8C5041A07DD8CD827A5E9DCCA?sequence=1>

- [7] Comité Internacional de Normalización, *ISO 16890 Guía para la nueva norma de filtración de aire*. España: TROX, 2016, pp. 3–6. Accedido: 24 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://cdn.trox.de/aeb1c8acf1f07568/8a3cb8502ada/SF\\_2017\\_03\\_ISO16890\\_EN\\_es\\_web.pdf](https://cdn.trox.de/aeb1c8acf1f07568/8a3cb8502ada/SF_2017_03_ISO16890_EN_es_web.pdf)
- [8] R. L. Mott, J. A. Untener, J. E. Murrieta Murrieta, y R. Hernández Cárdenas, *Mecánica de fluidos*, 7ª ed., vol. 1. México: Pearson, 2015.
- [9] Airtec, “Ventilador axial para montaje en ducto modelo AXD – AXV”, *Airtec Tecnología en Ventilación*, vol. 1, pp. 2–3, 2010, Accedido: 19 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.airtecv.com/ventiladores-axiales/ventilador-axial-para-montaje-en-ducto-modelo-axd-axv/>
- [10] J. Niveló Chalco y J. Ugalde Pacheco, “Iluminación para cabinas de pintura y sus requerimientos técnicos”, *Secom*, vol. 1, p. 1, 2022, Accedido: 17 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blog.secom.es/iluminacion-cabinas-de-pintura/>
- [11] Henkel Ibérica, “Los mejores equipos de secado para el taller de carrocería”, *Locktite Teroson*, vol. 1. México, pp. 2–4, 2019. Accedido: 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blog.reparacion-vehiculos.es/articulo-tecnico-los-mejores-equipos-de-secado-para-el-taller-de-carroceria>
- [12] B. Giménez, M. Antón, P. Villa, y R. María, “Luminotecnia: Cálculo según el método de los lúmenes”, *Construcciones Arquitectónicas*, Valencia, 2016.
- [13] H. Enrique y J. Suárez, “Los nuevos paradigmas del diseño en ingeniería mecánica”, Cali, may 2003. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/299353199>
- [14] Ciauto, “Modelos ensamblados en la planta de CIAUTO Ecuador”. Accedido: 11 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ciauto.ec/modelos/>

- [15] Ambacar, “Ambacar Ecuador Compra tu Auto nuevo SUV, Camioneta, Sedán, Van”. Accedido: 11 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ambacar.ec/>
- [16] Compañía General de Aceros, “Acero Grado Estructural A36”, *Aceros Especiales*, vol. 1, pp. 1–2, 2018, Accedido: 15 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.cga.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Ficha\\_T%C3%A9cnica\\_Aceros\\_Grado\\_Estructural\\_A36.pdf](https://www.cga.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Ficha_T%C3%A9cnica_Aceros_Grado_Estructural_A36.pdf)
- [17] Panel y Acanalados Monterrey, “Acero A 36: Propiedades y usos”. Accedido: 15 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://panelyacanalados.com/blog/acero-a-36-propiedades-y-usos/>
- [18] Acesco, “Ficha Técnica Acero Galvanizado”, MALAMBO, sep. 2022. Accedido: 15 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.acesco.com.co/descargas/fichastecnicas/ficha-tecnica-acero-recubierto.pdf>
- [19] R. L. Brockenbrough, F. S. Merritt, A. Ramírez Rivera, y G. Santos Garzón, *Manual de diseño de estructuras de acero*, 2a ed., vol. 1. Bogotá: McGraw-Hill/Interamericana, 1997.
- [20] A. Gonzalez, “Factores de seguridad...por qué tantos?”, *Sociedad Colombiana de Geotecnia*, vol. 1, pp. 1–5, 2009.
- [21] A. López, “Programación del sistema de control para la puesta en marcha y arranque primario de una dobladora hidráulica”, Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Santiago de Querétaro, 2012. Accedido: 19 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://cidesi.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1024/284/1/ETM-ALA-2012.pdf>
- [22] Americaweb, “Dobladora, Roladora Y Cortadora De Lamina 30pulg”, Herramientas eléctricas. Accedido: 19 de junio de 2023. [En línea]. Disponible

en: <https://www.americaweb.com.co/producto/dobladora-roladora-y-cortadora-de-lamina-30pulg/>

- [23] P. I. Carlos y E. Flores, “Soldadura al Arco Eléctrico SMAW”, *Universidad Rafael Landívar*, vol. 8, pp. 2–6, 2016, Accedido: 19 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.drweld.com/smaw.html>
  
- [24] I. Martín, R. Salcedo, y R. Font, “Mecánica de Fluidos Tema3. Medida de caudales”, *Universidad de Alicante*, vol. 3, pp. 5–13, ene. 2011.
  
- [25] R. A. Gonzales, “Diseño De La Cabina De Pintura De Un Taller Automotriz De Enderezado Y Pintura”, Proyecto de Tesis, Universidad Rafael Landívar, Guatemala, 2004.
  
- [26] SODECA, “Catálogo General Sodeca Colombia”, *SODECA Colombia*, vol. 6, pp. 62–102, 2017, Accedido: 22 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT11\\_Cataleg\\_60Hz\\_2017\\_COLOMBIA.pdf](https://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT11_Cataleg_60Hz_2017_COLOMBIA.pdf)

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Especificaciones técnicas del modelo Wingle 7

| WINGLE 7                  |  | Exterior | Interior | Colores | Especificaciones | Videos | Galería | Ficha Técnica | Test Drive | Historias | Cotizar |
|---------------------------|--|----------|----------|---------|------------------|--------|---------|---------------|------------|-----------|---------|
| Ficha Técnica             |  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Vehículo                  | Wingle 7 gasolina Doble cabina                                     |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Versiónes                 | 4x2  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Largo X Ancho X Alto (mm) | 5095 x 1800 x 1760   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Motor                     | MIVEC 2.4  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Potencia (Hp/rpm)         | 150 HP / 5800 RPM  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Torque (Nm/rpm)           | 220 Nm / 3800 RPM  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Sistema de seguridad      | ABS, EBD, ESP, HDD   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Capacidad de Carga (Kg)   | 1000   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Dirección                 | Hidráulica   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Suspensión delantera      | Delantera independiente de barra de torsión y barra estabilizadora |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Suspensión posterior      | Ballestas  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Sistema de Frenos         | Frenos de disco ventilados en las 4 llantas                        |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Capacidad de pasajeros    | 5  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Carrocería                | Galvanizada y reforzada  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Cámara de Retro           | Si   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Sensores de reversa       | Si   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |

## Anexo 2. Especificaciones técnicas del modelo Haval

| ALL NEW H2 JOLION            |                         | Exterior | Interior | Colores | Especificaciones | Videos  | Galería | Ficha Técnica | Test Drive | Historias | Cotizar |
|------------------------------|-------------------------|----------|----------|---------|------------------|---------|---------|---------------|------------|-----------|---------|
| Ficha Técnica                |                         |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Vehículo                     | Haval All New H2 Jolion |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Versiónes                    | Luxury                  |          |          |         |                  | Confort |         |               |            |           |         |
| Transmisión                  | Manual                  |          |          |         |                  | Manual  |         |               | Automático |           |         |
| Asientos                     | De eco-cuero            |          |          |         |                  | De Tela |         |               |            |           |         |
| Airbags                      | 4                       |          |          |         |                  | 2       |         |               |            |           |         |
| Barras porta parrilla        | Si                      |          |          |         |                  | No      |         |               |            |           |         |
| Motor                        | 1.5 L Turbo             |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Potencia (Hp/rpm)            | 141 / 5600              |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Torque Máximo (Nm/rpm)       | 210 / 2200-4500         |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Largo X Ancho X Alto (mm)    | 4472 x 1841 x 1619      |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Llantas                      | 215 / 60 R17            |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Distancia entre ejes (mm)    | 2700                    |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Masa neta del vehículo (kg)  | 1495                    |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Dirección                    | Electro asistida        |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Auto Hold                    | Si                      |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |
| Freno de parqueo electrónico | Si                      |          |          |         |                  |         |         |               |            |           |         |

### Anexo 3. Especificaciones técnicas del modelo X30 Cargo

| <b>X30 Cargo</b>                          |  | Exterior | Interior | Colores | Especificaciones | Videos | Galería | Ficha Técnica | Test Drive | Historias | Cotizar |
|---|--|----------|----------|---------|------------------|--------|---------|---------------|------------|-----------|---------|
| <b>Ficha Técnica</b>                      |  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Vehículo                                  | X30 Cargo  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Largo X Ancho X Alto (mm)                 | 4200x1695x1930                                     |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Motor                                     | 1.5L DOHC 16V                                      |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Potencia (Hp/rpm)                         | 107/6000   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Torque (Nm/rpm)                           | 128/4500   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Capacidad de Carga (Kg)                   | 720  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Capacidad del tanque (L)                  | 40   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Dirección                                 | Hidráulica   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Suspensión delantera                      | Mc Pherson independiente                           |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Suspensión posterior                      | Ballestas  |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Sistema de Frenos                         | Frenos delanteros de disco y posteriores de tambor |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Asistente de arranque en pendientes (HHC) | Si   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Control electrónico de estabilidad (ESP)  | Si   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |
| Control de tracción (TCS)                 | Si   |          |          |         |                  |        |         |               |            |           |         |

### Anexo 4. Esfuerzos admisibles para elementos sometidos a compresión acero A36

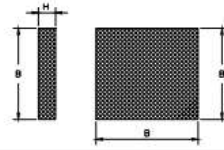
#### ESFUERZOS ADMISIBLES PARA ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESION

$$F_y = 2530 \text{ Kg./cm}^2 \text{ (36000 P.S.I.)}$$

| KL/R | Fa Kg./cm <sup>2</sup> | KL/R | Fa Kg./cm <sup>2</sup> | KL/R | Fa Kg./cm <sup>2</sup> | KL/R | Fa Kg./cm <sup>2</sup> | KL/R | Fa Kg./cm <sup>2</sup> |
|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|
| 0    | 1519                   | 40   | 1356                   | 80   | 1090                   | 120  | 725                    | 160  | 410                    |
| 1    | 1516                   | 41   | 1350                   | 81   | 1082                   | 121  | 715                    | 161  | 405                    |
| 2    | 1513                   | 42   | 1345                   | 82   | 1074                   | 122  | 704                    | 162  | 400                    |
| 3    | 1510                   | 43   | 1339                   | 83   | 1066                   | 123  | 694                    | 163  | 395                    |
| 4    | 1507                   | 44   | 1334                   | 84   | 1058                   | 124  | 683                    | 164  | 390                    |
| 5    | 1504                   | 45   | 1328                   | 85   | 1050                   | 125  | 672                    | 165  | 386                    |
| 6    | 1501                   | 46   | 1322                   | 86   | 1042                   | 126  | 661                    | 166  | 381                    |
| 7    | 1498                   | 47   | 1317                   | 87   | 1034                   | 127  | 651                    | 167  | 376                    |
| 8    | 1495                   | 48   | 1311                   | 88   | 1025                   | 128  | 641                    | 168  | 372                    |
| 9    | 1491                   | 49   | 1305                   | 89   | 1017                   | 129  | 631                    | 169  | 368                    |
| 10   | 1488                   | 50   | 1299                   | 90   | 1008                   | 130  | 621                    | 170  | 363                    |
| 11   | 1485                   | 51   | 1293                   | 91   | 1000                   | 131  | 612                    | 171  | 359                    |
| 12   | 1481                   | 52   | 1287                   | 92   | 991                    | 132  | 603                    | 172  | 355                    |
| 13   | 1478                   | 53   | 1280                   | 93   | 983                    | 133  | 594                    | 173  | 351                    |
| 14   | 1474                   | 54   | 1274                   | 94   | 974                    | 134  | 585                    | 174  | 347                    |
| 15   | 1470                   | 55   | 1268                   | 95   | 965                    | 135  | 576                    | 175  | 343                    |
| 16   | 1466                   | 56   | 1262                   | 96   | 956                    | 136  | 568                    | 176  | 339                    |
| 17   | 1463                   | 57   | 1255                   | 97   | 947                    | 137  | 559                    | 177  | 335                    |
| 18   | 1459                   | 58   | 1249                   | 98   | 938                    | 138  | 551                    | 178  | 331                    |
| 19   | 1455                   | 59   | 1242                   | 99   | 929                    | 139  | 543                    | 179  | 328                    |
| 20   | 1451                   | 60   | 1235                   | 100  | 920                    | 140  | 536                    | 180  | 324                    |
| 21   | 1446                   | 61   | 1229                   | 101  | 911                    | 141  | 528                    | 181  | 320                    |
| 22   | 1442                   | 62   | 1222                   | 102  | 902                    | 142  | 521                    | 182  | 317                    |
| 23   | 1438                   | 63   | 1215                   | 103  | 893                    | 143  | 513                    | 183  | 314                    |
| 24   | 1434                   | 64   | 1208                   | 104  | 883                    | 144  | 506                    | 184  | 310                    |
| 25   | 1429                   | 65   | 1202                   | 105  | 874                    | 145  | 499                    | 185  | 307                    |
| 26   | 1425                   | 66   | 1195                   | 106  | 864                    | 146  | 493                    | 186  | 303                    |
| 27   | 1420                   | 67   | 1188                   | 107  | 855                    | 147  | 486                    | 187  | 300                    |
| 28   | 1416                   | 68   | 1180                   | 108  | 845                    | 148  | 479                    | 188  | 297                    |
| 29   | 1411                   | 69   | 1173                   | 109  | 836                    | 149  | 473                    | 189  | 294                    |
| 30   | 1406                   | 70   | 1166                   | 110  | 826                    | 150  | 467                    | 190  | 291                    |
| 31   | 1402                   | 71   | 1159                   | 111  | 816                    | 151  | 460                    | 191  | 288                    |
| 32   | 1397                   | 72   | 1151                   | 112  | 806                    | 152  | 454                    | 192  | 285                    |
| 33   | 1392                   | 73   | 1144                   | 113  | 796                    | 153  | 449                    | 193  | 282                    |
| 34   | 1387                   | 74   | 1136                   | 114  | 786                    | 154  | 443                    | 194  | 279                    |
| 35   | 1382                   | 75   | 1129                   | 115  | 776                    | 155  | 437                    | 195  | 276                    |
| 36   | 1377                   | 76   | 1121                   | 116  | 766                    | 156  | 431                    | 196  | 273                    |
| 37   | 1372                   | 77   | 1114                   | 117  | 756                    | 157  | 426                    | 197  | 271                    |
| 38   | 1366                   | 78   | 1106                   | 118  | 746                    | 158  | 421                    | 198  | 268                    |
| 39   | 1361                   | 79   | 1098                   | 119  | 735                    | 159  | 415                    | 199  | 265                    |



## Anexo 5. Características de platinas y cuadrados



### PLATINAS Y CUADRADOS

#### PLATINAS

#### CUADRADOS

| MEDIDA HxB | Kg./m | Kg./unid 6m. | AREA Cm <sup>2</sup> | MEDIDA HxB | Kg./m | Kg./unid 6m. | AREA Cm <sup>2</sup> | MEDIDA BxB | Kg./m | Kg./unid 6m. | AREA Cm <sup>2</sup> |
|------------|-------|--------------|----------------------|------------|-------|--------------|----------------------|------------|-------|--------------|----------------------|
| 1/8x1/2    | 0.32  | 1.92         | 0.40                 | 3/8x1      | 1.90  | 11.40        | 2.42                 | 9mm        | 0.64  | 3.84         | 0.81                 |
| 1/8x5/8    | 0.40  | 2.40         | 0.50                 | 3/8x1.½    | 2.85  | 17.10        | 3.63                 | 11mm       | 0.95  | 5.70         | 1.21                 |
| 1/8x3/4    | 0.48  | 2.88         | 0.60                 | 3/8x2      | 3.80  | 22.80        | 4.84                 | 12mm       | 1.13  | 6.78         | 1.44                 |
| 1/8x1      | 0.63  | 3.78         | 0.81                 | 3/8x2.½    | 4.75  | 28.50        | 6.05                 | ½"         | 1.27  | 7.62         | 1.61                 |
| 1/8x1.½    | 0.79  | 4.74         | 1.01                 | 3/8x3      | 5.70  | 34.20        | 7.25                 | 9/16"      | 1.60  | 9.60         | 2.04                 |
| 1/8x1.¾    | 0.95  | 5.70         | 1.21                 | 3/8x4      | 7.60  | 45.60        | 9.67                 | 5/8"       | 1.98  | 11.88        | 2.52                 |
| 1/8x2      | 1.27  | 7.62         | 1.61                 | 1/2x1      | 2.53  | 15.18        | 3.23                 | ¾"         | 2.85  | 17.10        | 3.63                 |
| 1/8x2.½    | 1.58  | 9.48         | 2.01                 | 1/2x1.½    | 3.80  | 22.80        | 4.84                 | 7/8"       | 3.88  | 23.28        | 4.94                 |
| 1/8x3      | 1.90  | 11.40        | 2.42                 | 1/2x2      | 5.07  | 30.42        | 6.45                 | 1"         | 5.07  | 30.42        | 6.45                 |
| 3/16x½     | 0.48  | 2.88         | 0.60                 | 1/2x2.½    | 6.33  | 37.98        | 8.06                 |            |       |              |                      |
| 3/16x5/8   | 0.60  | 3.60         | 0.76                 | 1/2x3      | 7.60  | 45.60        | 9.68                 |            |       |              |                      |
| 3/16x3/4   | 0.71  | 4.26         | 0.91                 | 1/2x4      | 10.13 | 60.78        | 12.90                |            |       |              |                      |
| 3/16x1     | 0.95  | 5.70         | 1.21                 | 1/2x5      | 12.66 | 75.96        | 16.13                |            |       |              |                      |
| 3/16x1.½   | 1.19  | 7.14         | 1.51                 | 1/2x6      | 15.20 | 91.20        | 19.35                |            |       |              |                      |
| 3/16x1.¾   | 1.43  | 8.58         | 1.81                 | 5/8x1.½    | 4.75  | 28.50        | 8.05                 |            |       |              |                      |
| 3/16x2     | 1.90  | 11.40        | 2.42                 | 5/8x2      | 6.33  | 37.98        | 8.06                 |            |       |              |                      |
| 3/16x2.½   | 2.38  | 14.28        | 3.02                 | 5/8x2.½    | 7.92  | 47.52        | 10.08                |            |       |              |                      |
| 3/16x3     | 2.85  | 17.10        | 3.63                 | 5/8x3      | 9.50  | 57.00        | 12.09                |            |       |              |                      |
| 3/16x4     | 3.80  | 22.80        | 4.84                 | 5/8x4      | 12.66 | 75.96        | 16.12                |            |       |              |                      |
| 1/4x½      | 0.64  | 3.84         | 0.81                 | 5/8x5      | 15.83 | 94.98        | 20.15                |            |       |              |                      |
| 1/4x5/8    | 0.79  | 4.74         | 1.01                 | 5/8x6      | 18.99 | 113.94       | 24.19                |            |       |              |                      |
| 1/4x3/4    | 0.95  | 5.70         | 1.21                 | 3/4x1.½    | 5.70  | 34.20        | 7.26                 |            |       |              |                      |
| 1/4x1      | 1.27  | 7.62         | 1.61                 | 3/4x2      | 7.60  | 45.60        | 9.68                 |            |       |              |                      |
| 1/4x1.½    | 1.59  | 9.54         | 2.02                 | 3/4x3      | 11.40 | 68.40        | 15.52                |            |       |              |                      |
| 1/4x1.¾    | 1.90  | 11.40        | 2.42                 | 3/4x4      | 15.20 | 91.20        | 19.35                |            |       |              |                      |
| 1/4x2      | 2.53  | 15.18        | 3.23                 | 3/4x5      | 18.99 | 113.94       | 24.19                |            |       |              |                      |
| 1/4x2.½    | 3.17  | 19.02        | 4.03                 | 3/4x6      | 22.79 | 136.74       | 29.03                |            |       |              |                      |
| 1/4x3      | 3.80  | 22.80        | 4.84                 | 7/8x2      | 8.87  | 53.22        | 11.29                |            |       |              |                      |
| 1/4x4      | 5.07  | 30.42        | 6.45                 | 7/8x3      | 13.30 | 79.80        | 16.93                |            |       |              |                      |
|            |       |              |                      | 7/8x4      | 17.73 | 106.38       | 22.58                |            |       |              |                      |
|            |       |              |                      | 7/8x5      | 22.16 | 132.96       | 28.22                |            |       |              |                      |

## Anexo 6. Propiedades físicas del aire

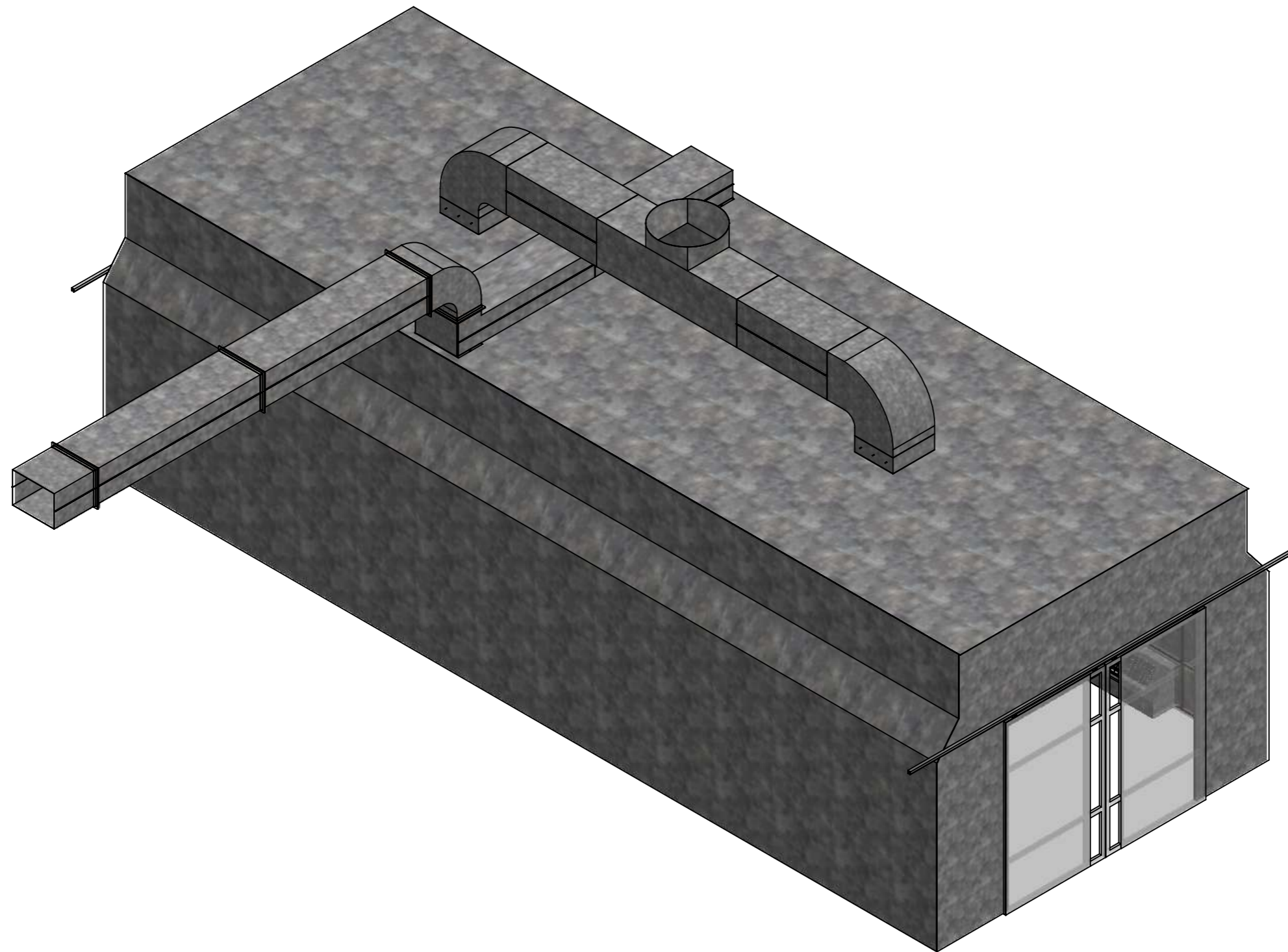
**PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE** Tabla 2  
a presión atmosférica

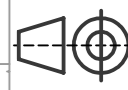
| Temperatura        | Densidad                  | Viscosidad<br>dinámica                             | Viscosidad<br>cinemática                     | Velocidad<br>del sonido |
|--------------------|---------------------------|--|--|-------------------------|
| $^{\circ}\text{C}$ | $\rho$<br>$\text{kg/m}^3$ | $\mu$<br>$\text{N}\cdot\text{s/m}^2 \cdot 10^{-5}$ | $\nu$<br>$\text{m}^2/\text{s} \cdot 10^{-5}$ | $c$<br>$\text{m/s}$     |
| -30                | 1,452                     | 1,56   | 1,08   | 312                     |
| -20                | 1,394                     | 1,61   | 1,16   | 319                     |
| -10                | 1,342                     | 1,67   | 1,24   | 325                     |
| 0                  | 1,292                     | 1,72   | 1,33   | 331                     |
| 10                 | 1,247                     | 1,76   | 1,42   | 337                     |
| 20                 | 1,204                     | 1,81   | 1,51   | 343                     |
| 30                 | 1,164                     | 1,86   | 1,60   | 349                     |
| 40                 | 1,127                     | 1,91   | 1,69   | 355                     |
| 50                 | 1,092                     | 1,95   | 1,79   | 360                     |
| 60                 | 1,060                     | 2,00   | 1,89   | 366                     |
| 70                 | 1,030                     | 2,05   | 1,99   | 371                     |
| 80                 | 1,000                     | 2,09   | 2,09   | 377                     |
| 90                 | 0,973                     | 2,13   | 2,19   | 382                     |
| 100                | 0,946                     | 2,17   | 2,30   | 387                     |
| 200                | 0,746                     | 2,57   | 3,45   | 436                     |
| 300                | 0,616                     | 2,93   | 4,75   | 480                     |

## Anexo 7. Rugosidad absoluta de distintos materiales

| MATERIAL   | $\epsilon$ en mm |
|--|------------------|
| <b>TUBO LISO</b>   |                  |
| De vidrio, cobre latón, madera (bien cepillada), acero nuevo soldado y con una mano inferior de pintura; tubo de acero de precisión sin costura, serpentines industriales, plástico, hule. | 0.0015           |
| Tubos industriales de latón  | 0.025            |
| Tubos de madera  | 0.2 a 1          |
| Hierro forjado   | 0.05             |
| Fierro Fundido nuevo   | 0.25             |
| Fierro fundido, con protección inferior de asfalto   | 0.12             |
| Fierro fundido oxidado   | 1 a 1.5          |
| Fierro fundido, con incrustaciones   | 1.5 a 3          |
| Fierro fundido centrifugado  | 0.05             |
| Fierro fundido nuevo, con bridas o juntas de macho y campana   | 0.15 a 0.3       |
| Fierro fundido usado, con bridas o juntas de macho y campana   | 2 a 3.5          |
| Fierro fundido para agua potable, con bastantes incrustaciones y diámetro de 50 a 125 mm   | 1 a 40           |
| Fierro galvanizado   | 0.15             |
| Acero rolado nuevo   | 0.05             |
| Acero laminado, nuevo  | 0.04 a 0.1       |
| Acero laminado con protección interior de asfalto  | 0.05             |

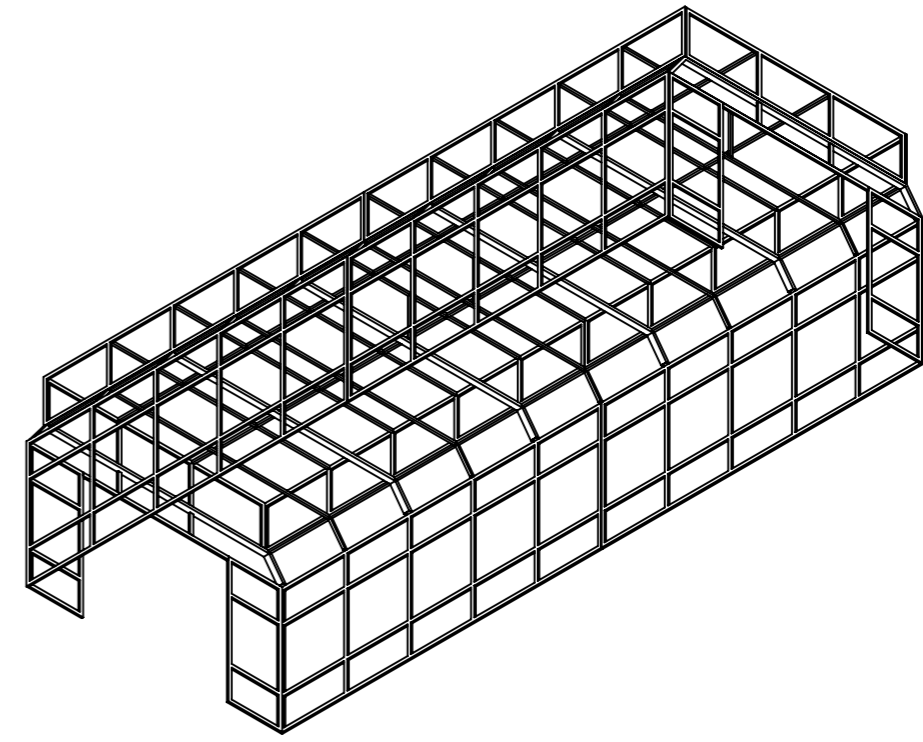
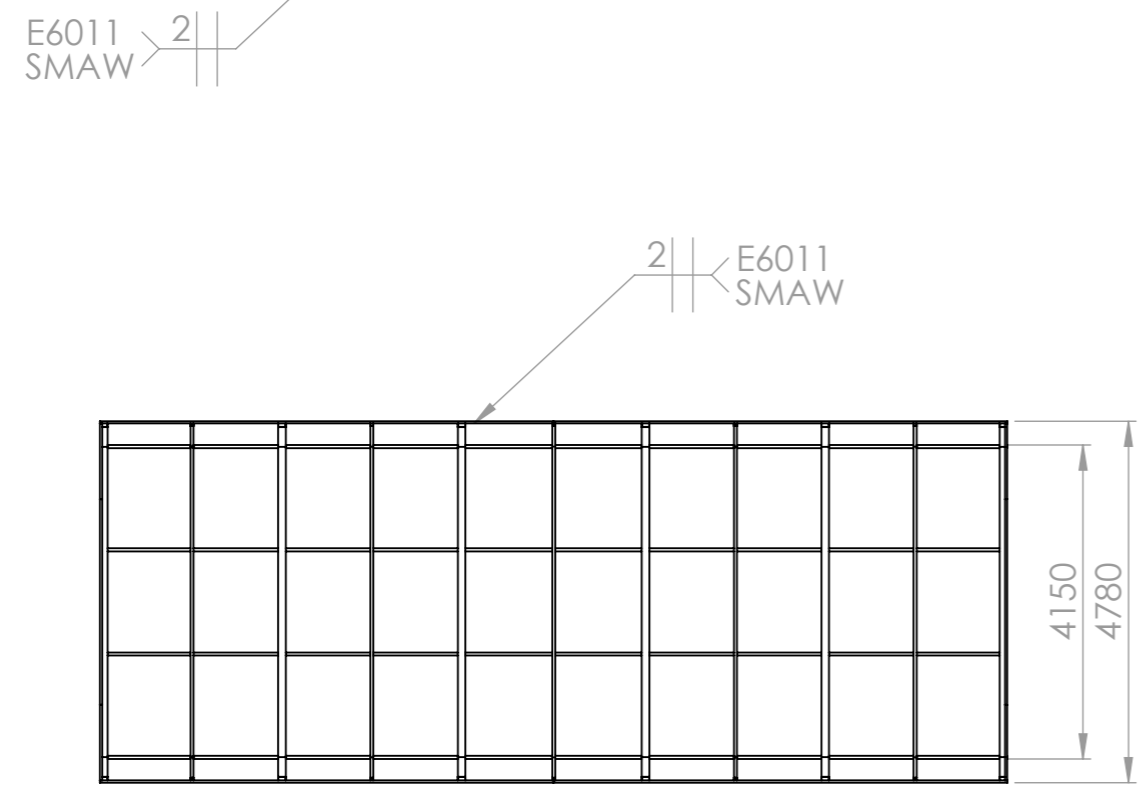
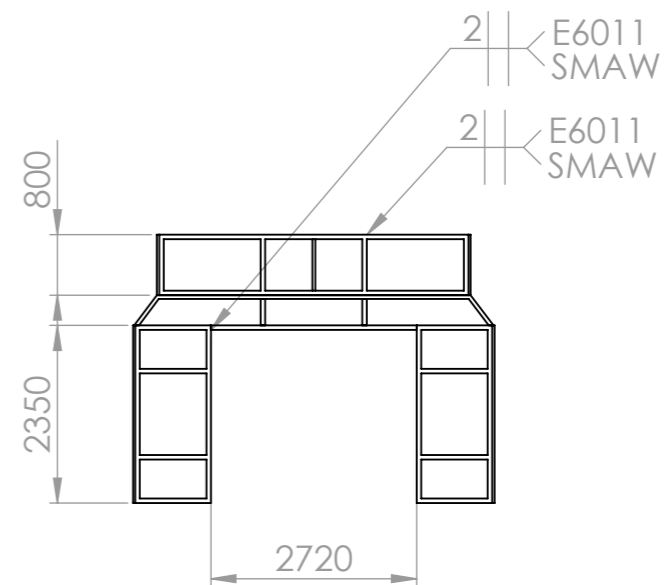
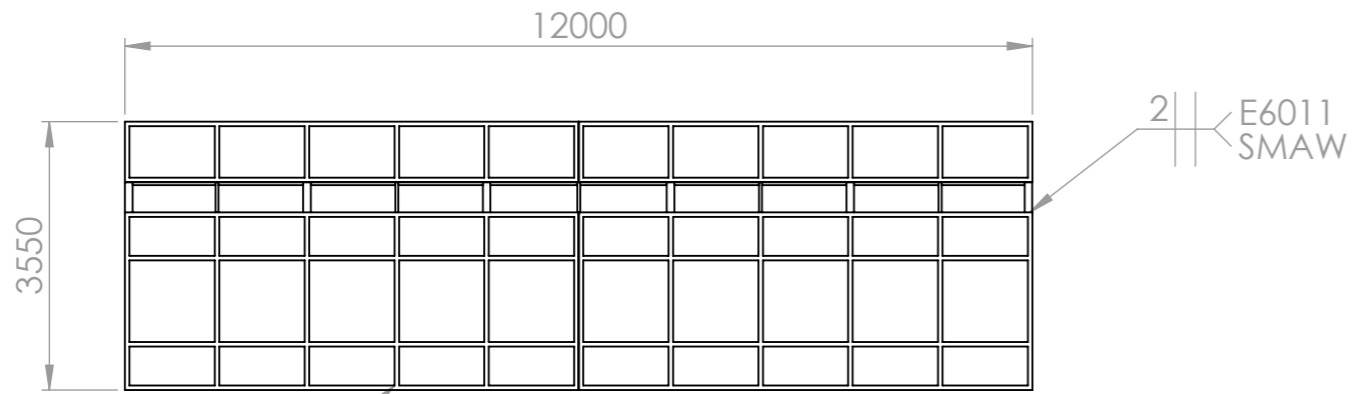
## Anexo 8. Planos

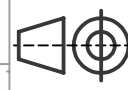


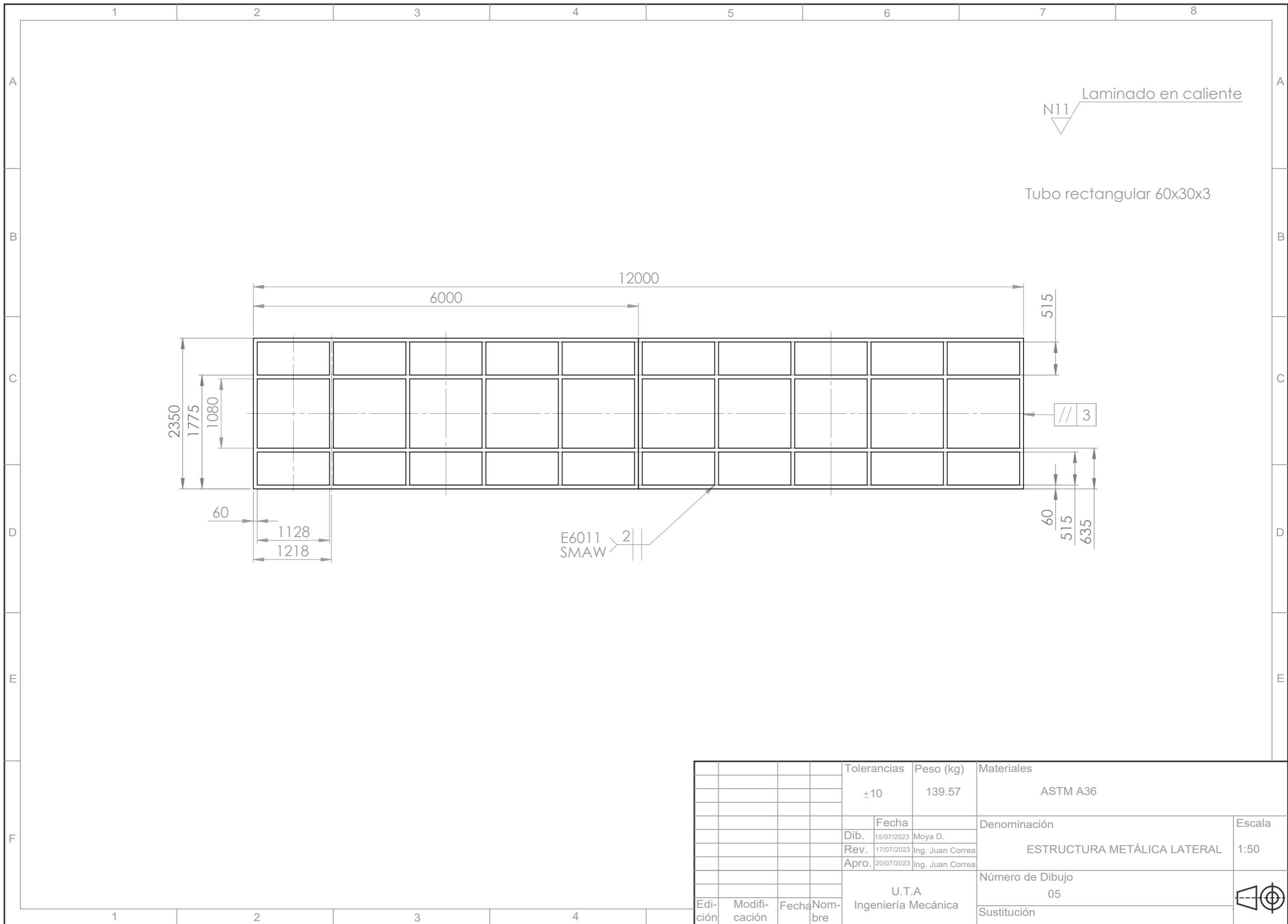
|              |                   |       |             |             |                     |                  |                  |   |
|--------------|-------------------|-------|-------------|-------------|---------------------|------------------|------------------|---|
|              |                   |       |             | Tolerancias | Peso (kg)           | Materiales       |                  |   |
|              |                   |       |             | ±10         | 2055.48             | VARIOS           |                  |   |
|              |                   |       |             |             | Fecha               | Nombre           | Denominación     | Escala  |
|              |                   |       |             | Dib.        | 15/07/2023          | Moya D.          | CABINA DE LIJADO | 1:50  |
|              |                   |       |             | Rev.        | 17/07/2023          | Ing. Juan Correa |                  |   |
|              |                   |       |             | Apro.       | 20/07/2023          | Ing. Juan Correa |                  |   |
|              |                   |       |             |             | U.T.A               |                  | Número de Dibujo |  |
|              |                   |       |             |             | Ingeniería Mecánica |                  | 01               |   |
| Edi-<br>ción | Modifi-<br>cación | Fecha | Nom-<br>bre |             |                     |                  | Sustitución      |   |







|         |              |       |        |                     |            |                  |   |
|---------|--------------|-------|--------|---------------------|------------|------------------|---|
|         |              |       |        | Tolerancias         | Peso (kg)  | Materiales       |   |
|         |              |       |        | ±10                 | 818.99     | ASTM A36         |   |
|         |              |       |        |                     | Fecha      | Nombre           | Denominación  |
|         |              |       |        | Dib.                | 15/07/2023 | Moya D.          | ESTRUCTURA METÁLICA   |
|         |              |       |        | Rev.                | 17/07/2023 | Ing. Juan Correa |   |
|         |              |       |        | Apro.               | 20/07/2023 | Ing. Juan Correa |   |
|         |              |       |        | U.T.A               |            | Número de Dibujo | Escala  |
|         |              |       |        | Ingeniería Mecánica |            | 04               |   |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                     |            | Sustitución      |  |

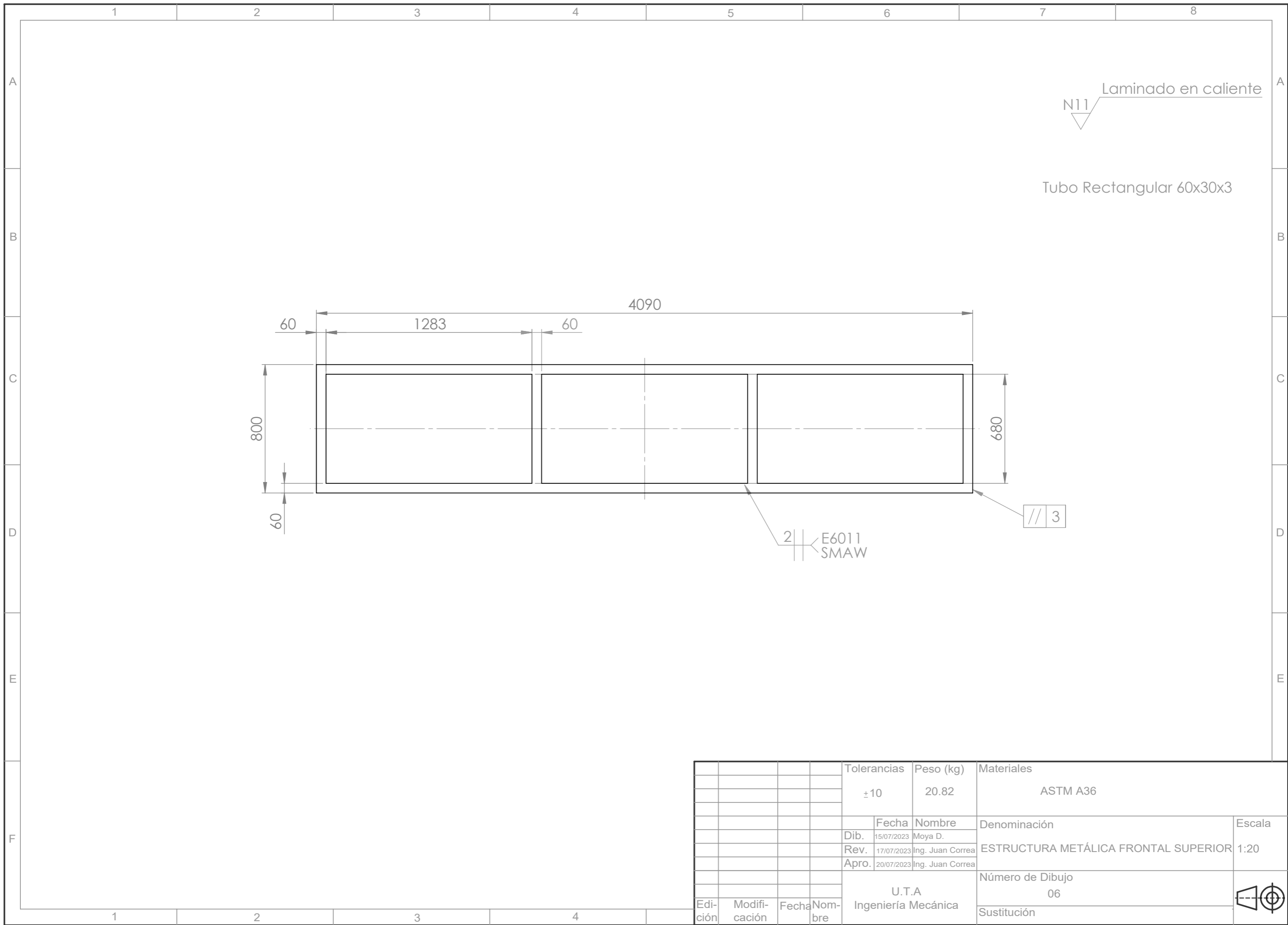


N11 Laminado en caliente

Tubo rectangular 60x30x3

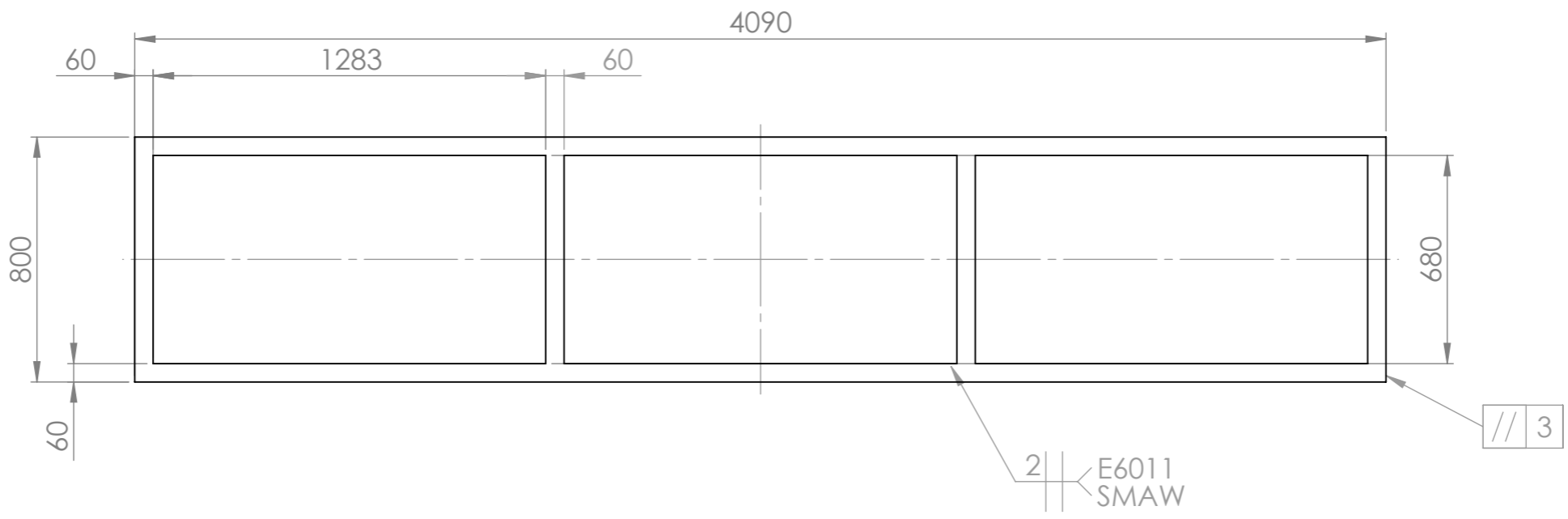
E6011 SMAW 2


|         |              |       |        |                     |            |                  |                             |
|---------|--------------|-------|--------|---------------------|------------|------------------|-----------------------------|
|         |              |       |        | Tolerancias         | Peso (kg)  | Materiales       |                             |
|         |              |       |        | ±10                 | 139.57     | ASTM A36         |                             |
|         |              |       |        |                     |            | Denominación     | Escala                      |
|         |              |       |        | Dib.                | 15/07/2023 | Moya D.          | ESTRUCTURA METÁLICA LATERAL |
|         |              |       |        | Rev.                | 17/07/2023 | Ing. Juan Correa |                             |
|         |              |       |        | Apro.               | 20/07/2023 | Ing. Juan Correa |                             |
|         |              |       |        | U.T.A               |            | Número de Dibujo | 1:50                        |
|         |              |       |        | Ingeniería Mecánica |            | 05               |                             |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                     |            | Sustitución      |                             |



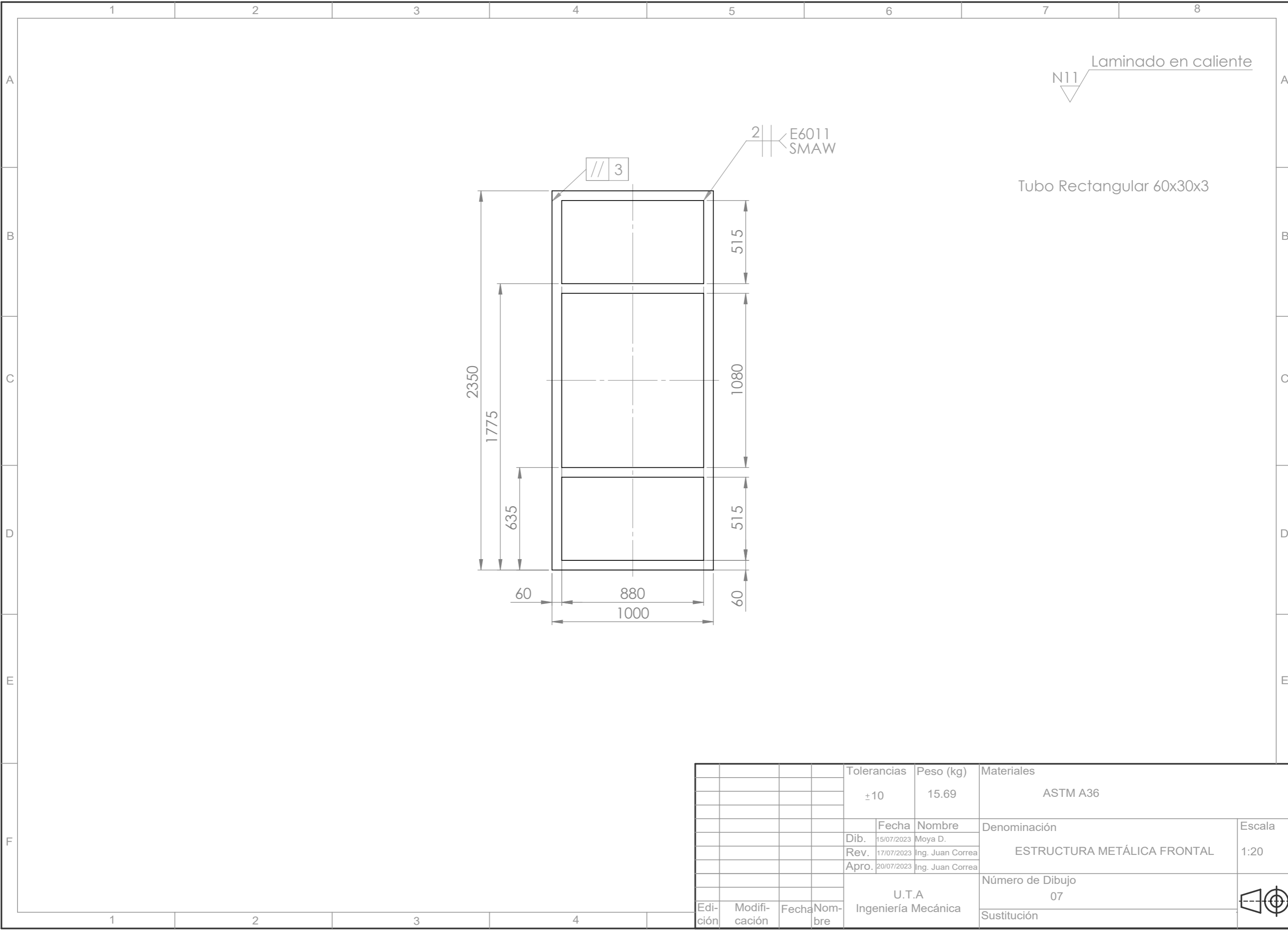
N11 Laminado en caliente

Tubo Rectangular 60x30x3



|              |                   |       |             |                              |            |                  |                                      |   |
|--------------|-------------------|-------|-------------|------------------------------|------------|------------------|--------------------------------------|---|
|              |                   |       |             | Tolerancias                  | Peso (kg)  | Materiales       |                                      |   |
|              |                   |       |             | ±10                          | 20.82      | ASTM A36         |                                      |   |
|              |                   |       |             |                              | Fecha      | Nombre           | Denominación                         | Escala  |
|              |                   |       |             | Dib.                         | 15/07/2023 | Moya D.          | ESTRUCTURA METÁLICA FRONTAL SUPERIOR | 1:20  |
|              |                   |       |             | Rev.                         | 17/07/2023 | Ing. Juan Correa |                                      |   |
|              |                   |       |             | Apro.                        | 20/07/2023 | Ing. Juan Correa |                                      |   |
|              |                   |       |             | U.T.A<br>Ingeniería Mecánica |            |                  | Número de Dibujo                     |  |
| Edi-<br>ción | Modifi-<br>cación | Fecha | Nom-<br>bre |                              |            |                  | 06                                   |   |
|              |                   |       |             |                              |            |                  | Sustitución                          |   |



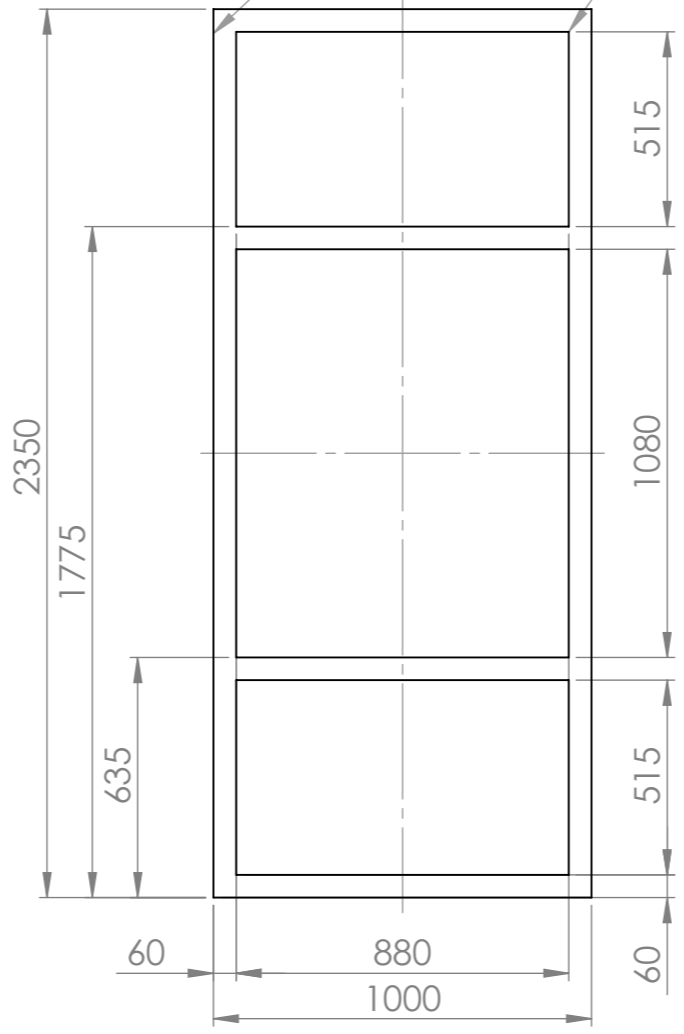


N11 Laminado en caliente

2 E6011 SMAW

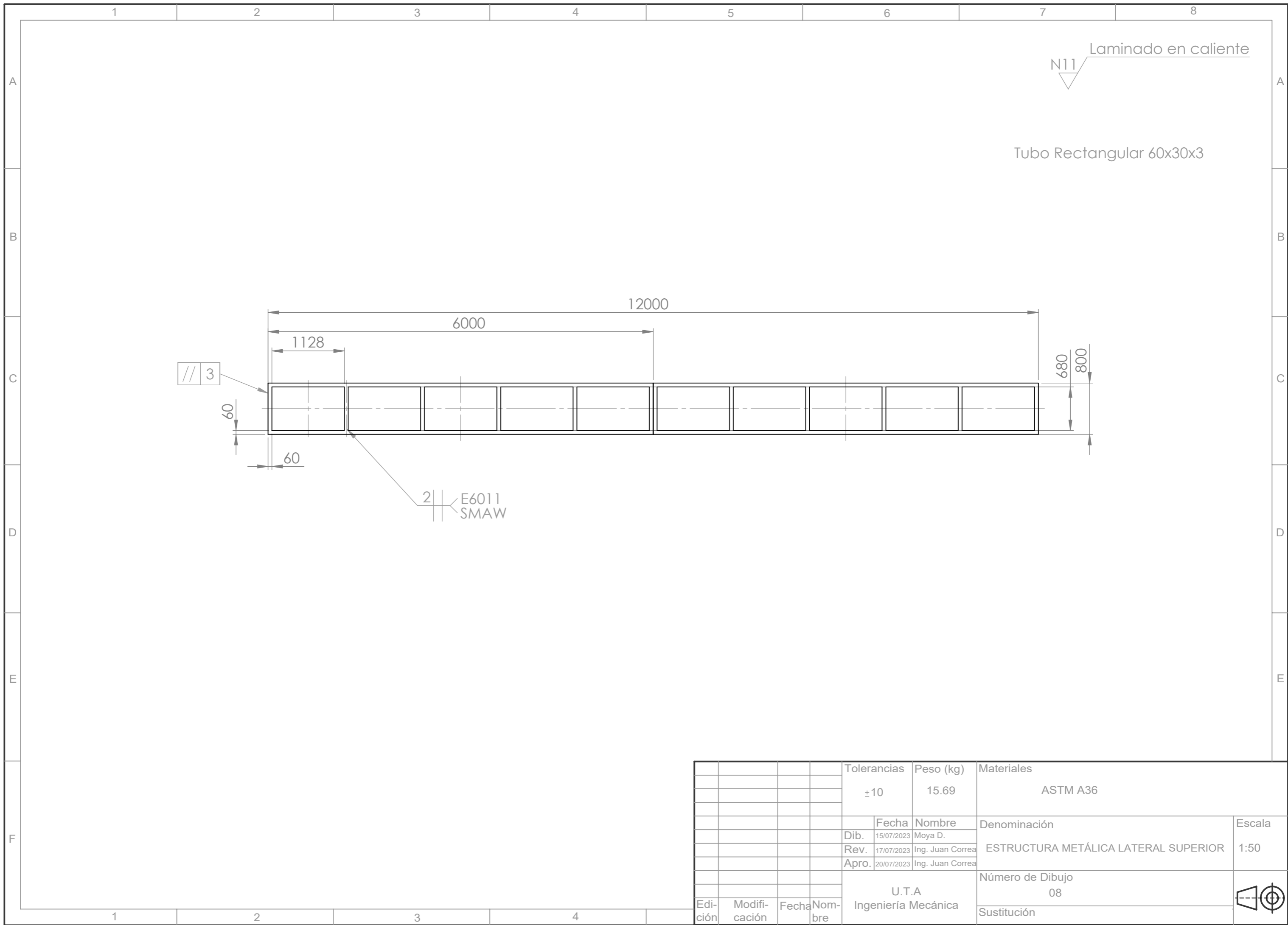
3

Tubo Rectangular 60x30x3



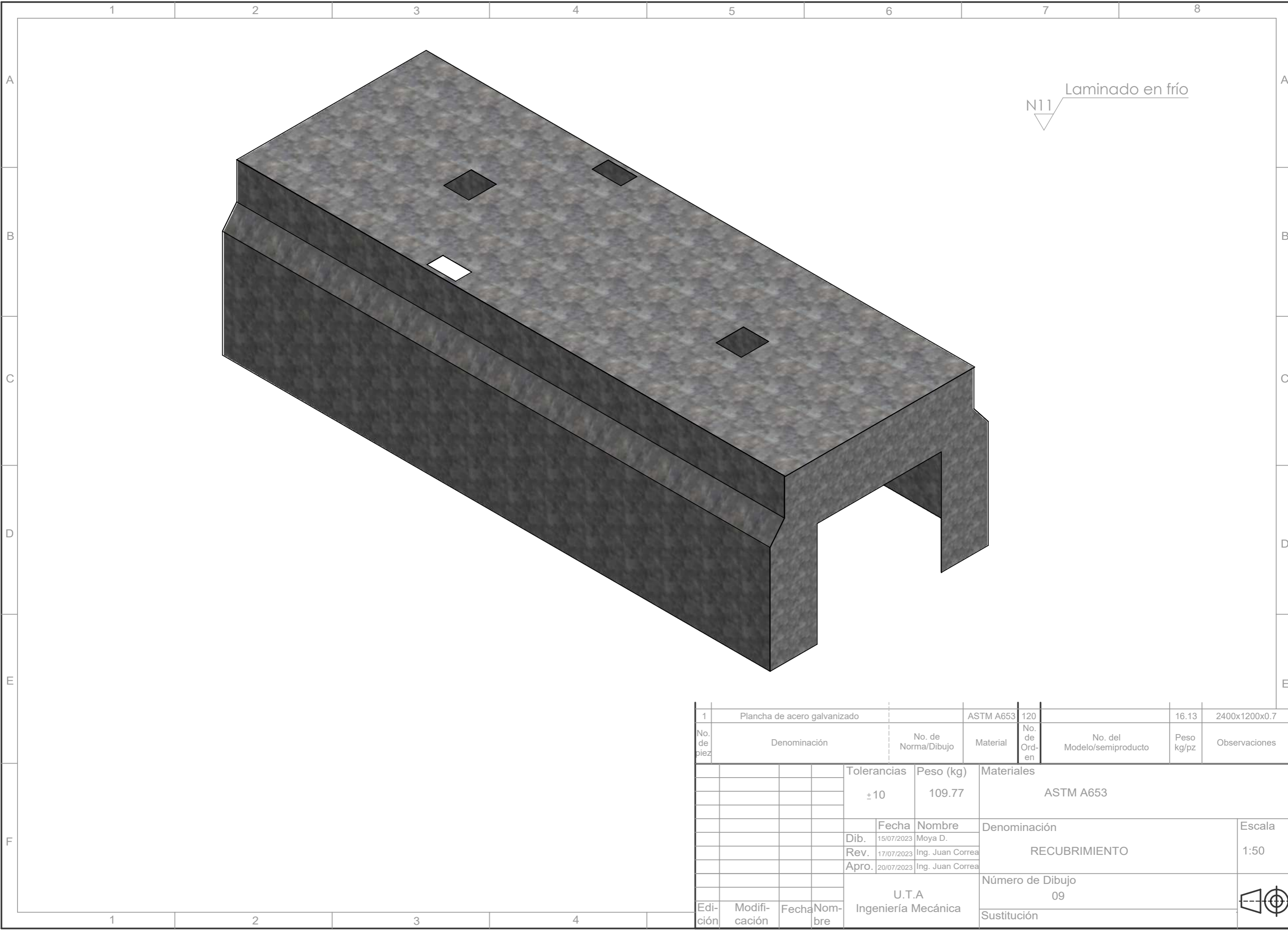
|      |         |       |      |                     |            |                  |                             |
|------|---------|-------|------|---------------------|------------|------------------|-----------------------------|
|      |         |       |      | Tolerancias         | Peso (kg)  | Materiales       |                             |
|      |         |       |      | ±10                 | 15.69      | ASTM A36         |                             |
|      |         |       |      |                     | Fecha      | Nombre           | Denominación                |
|      |         |       |      | Dib.                | 15/07/2023 | Moya D.          | ESTRUCTURA METÁLICA FRONTAL |
|      |         |       |      | Rev.                | 17/07/2023 | Ing. Juan Correa |                             |
|      |         |       |      | Apro.               | 20/07/2023 | Ing. Juan Correa |                             |
|      |         |       |      | U.T.A               |            | Número de Dibujo | Escala                      |
|      |         |       |      | Ingeniería Mecánica |            | 07               |                             |
| Edi- | Modifi- | Fecha | Nom- |                     |            | Sustitución      |                             |
| ción | cación  |       | bre  |                     |            |                  |                             |






|         |              |       |        |                              |            |                  |                                      |
|---------|--------------|-------|--------|------------------------------|------------|------------------|--------------------------------------|
|         |              |       |        | Tolerancias                  | Peso (kg)  | Materiales       |                                      |
|         |              |       |        | ± 10                         | 15.69      | ASTM A36         |                                      |
|         |              |       |        |                              | Fecha      | Nombre           | Denominación                         |
|         |              |       |        | Dib.                         | 15/07/2023 | Moya D.          | ESTRUCTURA METÁLICA LATERAL SUPERIOR |
|         |              |       |        | Rev.                         | 17/07/2023 | Ing. Juan Correa |                                      |
|         |              |       |        | Apro.                        | 20/07/2023 | Ing. Juan Correa |                                      |
|         |              |       |        |                              |            |                  | Número de Dibujo                     |
|         |              |       |        |                              |            |                  | 08                                   |
|         |              |       |        |                              |            |                  | Sustitución                          |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | U.T.A<br>Ingeniería Mecánica |            |                  |                                      |

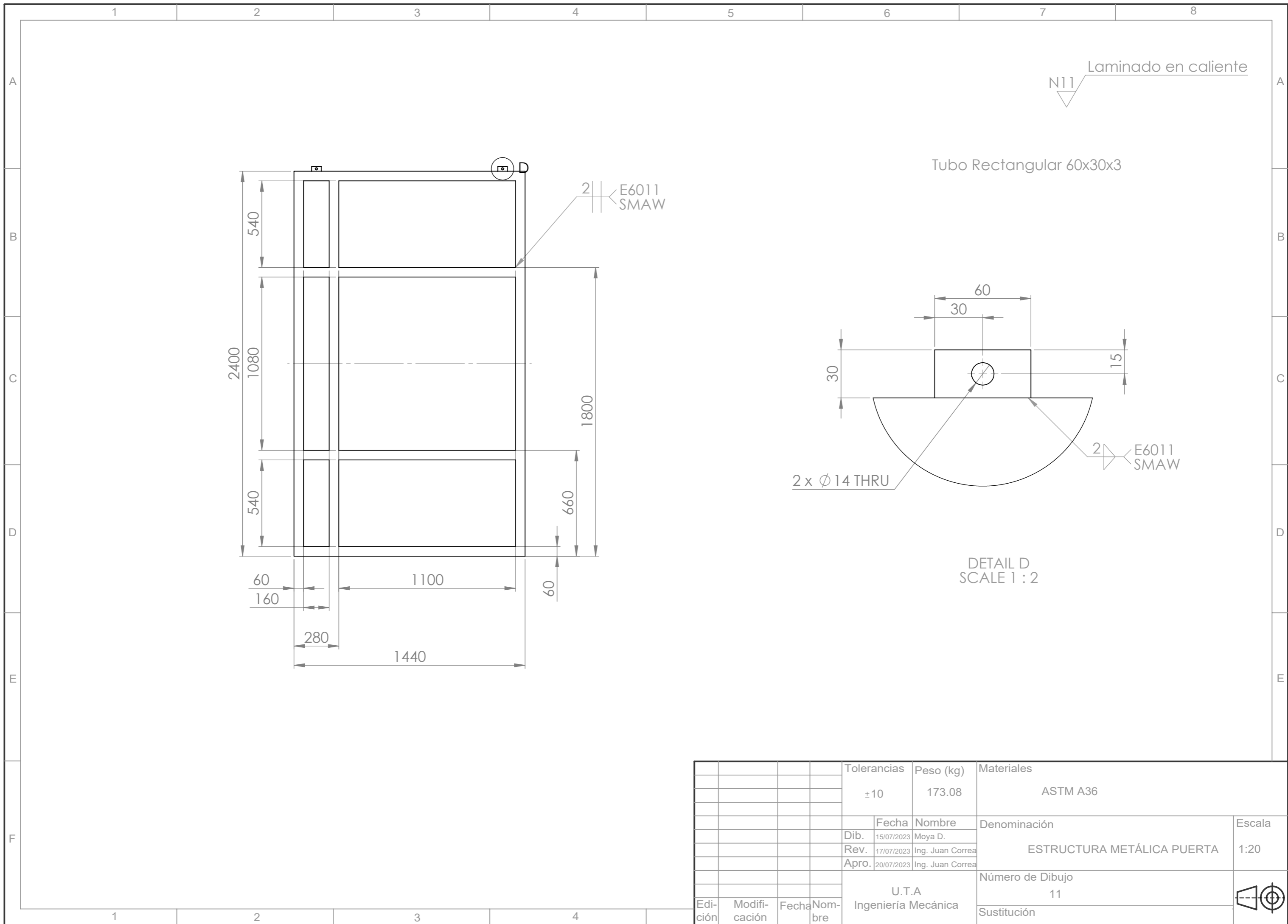




N11  
 Laminado en frío

|              |                              |       |        |                     |            |                  |                             |               |   |
|--------------|------------------------------|-------|--------|---------------------|------------|------------------|-----------------------------|---------------|---|
| 1            | Plancha de acero galvanizado |       |        | ASTM A653           | 120        |                  | 16.13                       | 2400x1200x0.7 |   |
| No. de pieza | Denominación                 |       |        | No. de Norma/Dibujo | Material   | No. de Orden     | No. del Modelo/semiproducto | Peso kg/pz    | Observaciones   |
|              |                              |       |        | Tolerancias         | Peso (kg)  | Materiales       |                             |               |   |
|              |                              |       |        | ± 10                | 109.77     | ASTM A653        |                             |               |   |
|              |                              |       |        |                     | Fecha      | Nombre           | Denominación                |               | Escala  |
|              |                              |       |        | Dib.                | 15/07/2023 | Moya D.          | RECUBRIMIENTO               |               | 1:50  |
|              |                              |       |        | Rev.                | 17/07/2023 | Ing. Juan Correa |                             |               |   |
|              |                              |       |        | Apro.               | 20/07/2023 | Ing. Juan Correa |                             |               |   |
|              |                              |       |        | U.T.A               |            | Número de Dibujo |                             |               |   |
|              |                              |       |        | Ingeniería Mecánica |            | 09               |                             |               |   |
| Edición      | Modificación                 | Fecha | Nombre |                     |            | Sustitución      |                             |               |  |

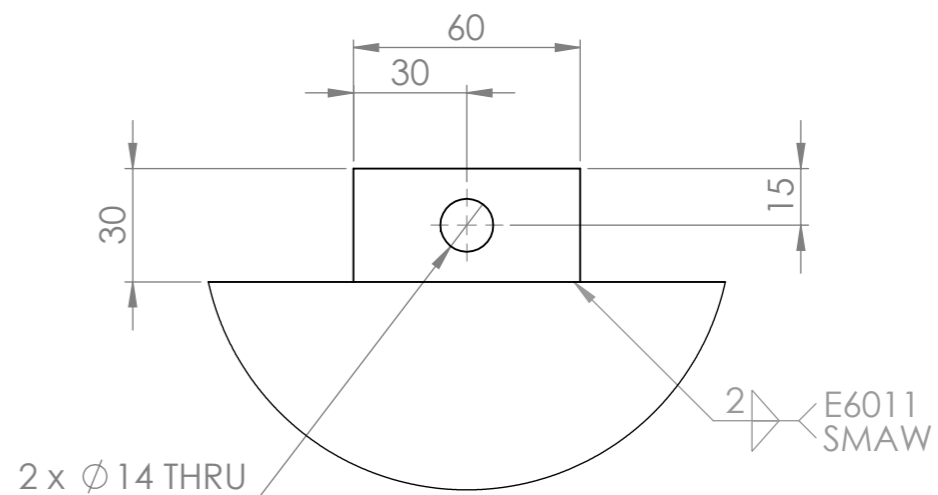




N11 Laminado en caliente

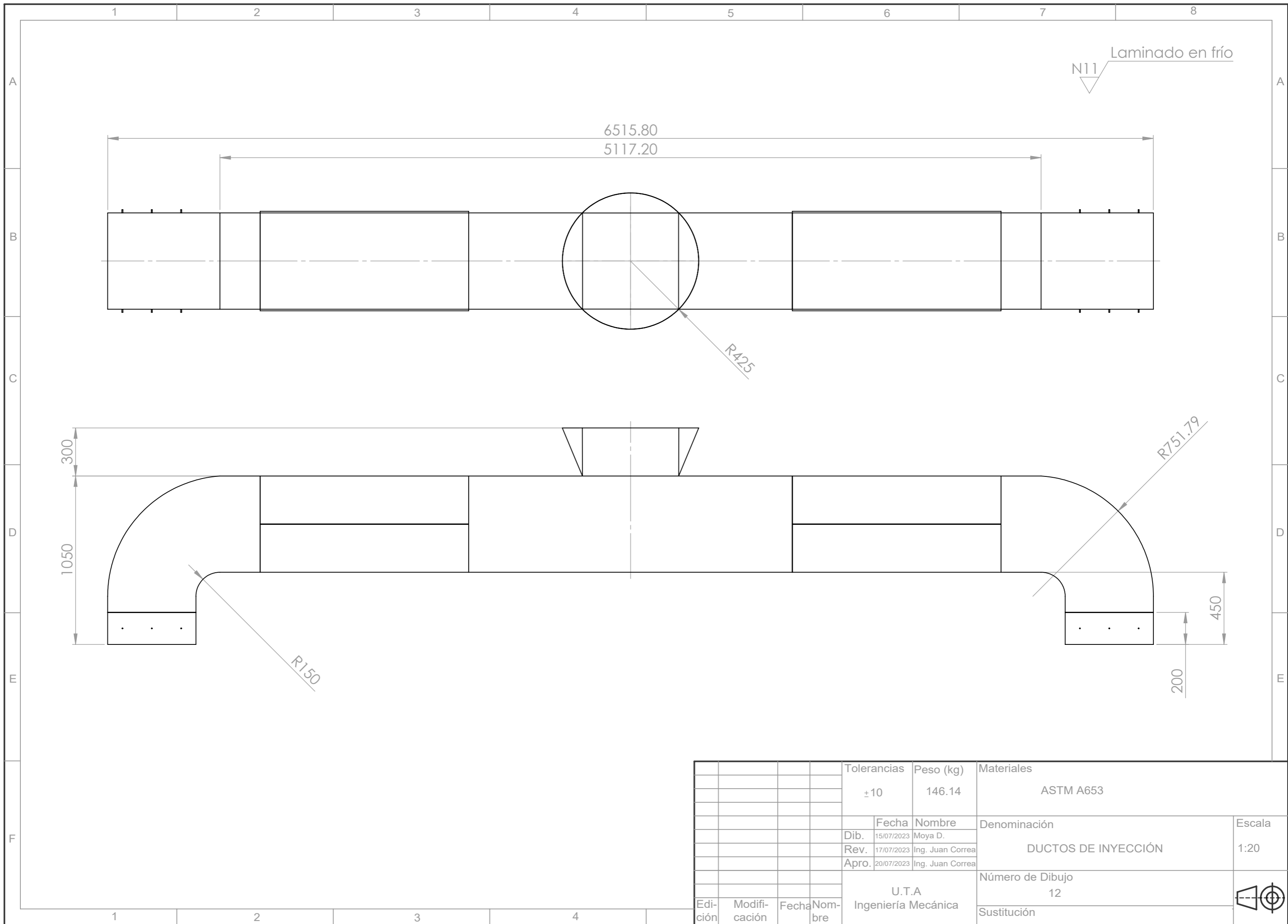
Tubo Rectangular 60x30x3

2 E6011 SMAW



DETAIL D  
SCALE 1 : 2

|         |              |       |        |                     |            |                  |                            |
|---------|--------------|-------|--------|---------------------|------------|------------------|----------------------------|
|         |              |       |        | Tolerancias         | Peso (kg)  | Materiales       |                            |
|         |              |       |        | ± 10                | 173.08     | ASTM A36         |                            |
|         |              |       |        |                     |            | Denominación     | Escala                     |
|         |              |       |        | Dib.                | 15/07/2023 | Moya D.          | ESTRUCTURA METÁLICA PUERTA |
|         |              |       |        | Rev.                | 17/07/2023 | Ing. Juan Correa |                            |
|         |              |       |        | Apro.               | 20/07/2023 | Ing. Juan Correa |                            |
|         |              |       |        | U.T.A               |            | Número de Dibujo | 11                         |
|         |              |       |        | Ingeniería Mecánica |            | Sustitución      |                            |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                     |            |                  |                            |



N11 Laminado en frío

6515.80  
5117.20

R425

R751.79

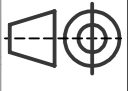
R150

300

1050

450

200

|         |              |       |        |                     |            |                  |   |
|---------|--------------|-------|--------|---------------------|------------|------------------|---|
|         |              |       |        | Tolerancias         | Peso (kg)  | Materiales       |   |
|         |              |       |        | ±10                 | 146.14     | ASTM A653        |   |
|         |              |       |        |                     | Fecha      | Nombre           | Denominación  |
|         |              |       |        | Dib.                | 15/07/2023 | Moya D.          | DUCTOS DE INYECCIÓN   |
|         |              |       |        | Rev.                | 17/07/2023 | Ing. Juan Correa |   |
|         |              |       |        | Apro.               | 20/07/2023 | Ing. Juan Correa |   |
|         |              |       |        | U.T.A               |            | Número de Dibujo | Escala  |
|         |              |       |        | Ingeniería Mecánica |            | 12               |   |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |                     |            | Sustitución      |  |