



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

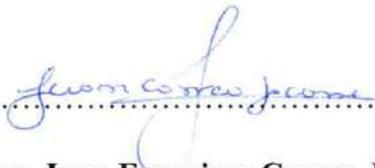
APROBACIÓN DEL TUTOR

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



.....

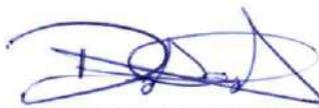
Ing. Juan Francisco Correa Jácome, Ph.D.

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

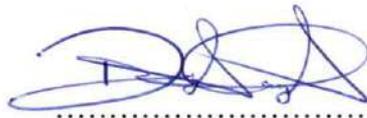
AUTOR

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**”

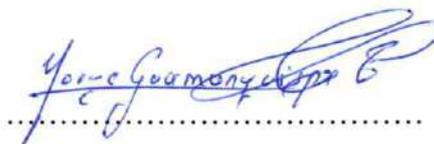
Ambato, enero 2024

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	≥1.6 mm ≤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 ePM₁₀ (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 ePM₁₀ (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].

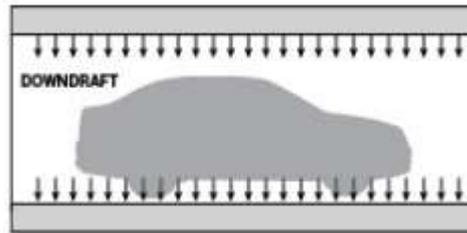


Figura 1. Cabina de flujo vertical [6].

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].

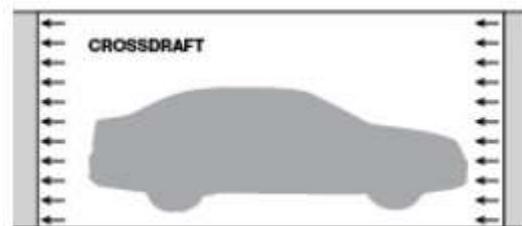


Figura 2. Cabina de flujo horizontal [6].

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].

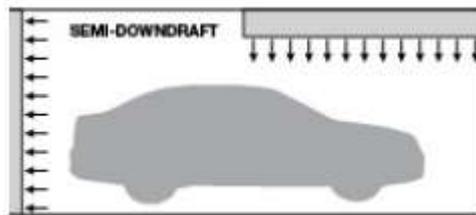


Figura 3. Cabina de flujo semivertical [6].

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].

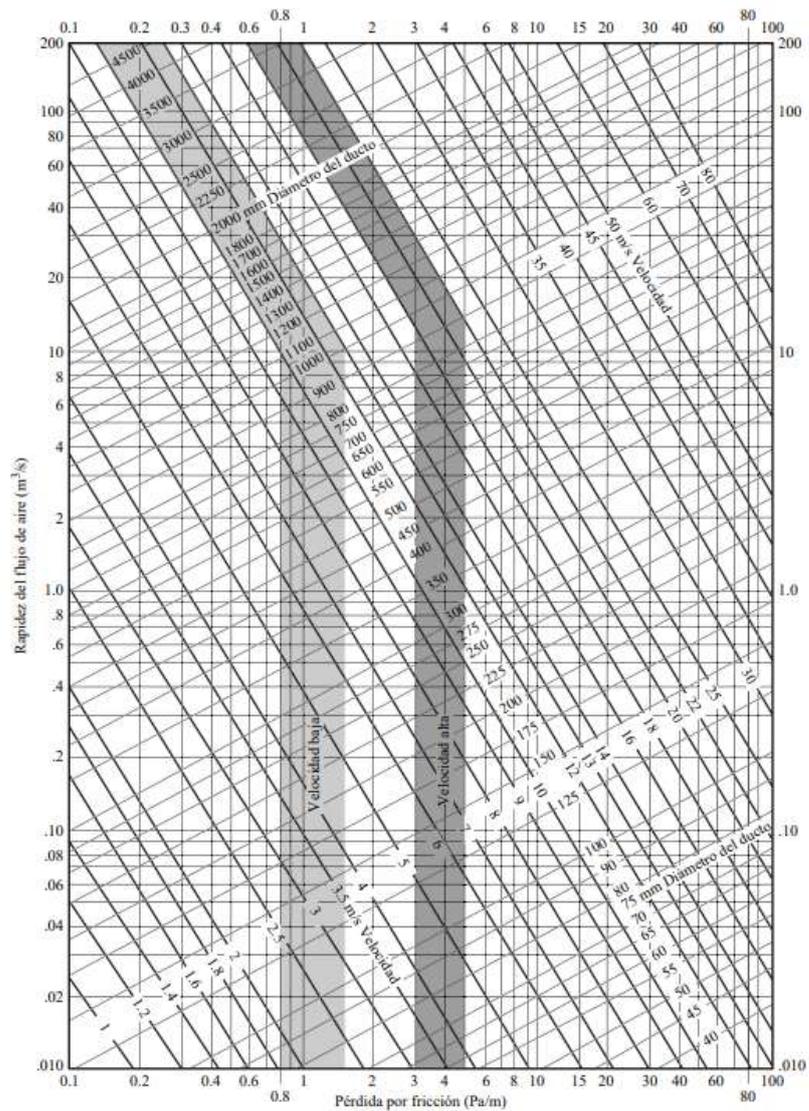


Figura 4. Pérdida por fricción en ductos (unidades del SI) [8].

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 (Largo x ancho x alto) (mm)	Representación gráfica
Great Wall	Wingle 7 gasolina Doble cabina	5095 x 1800 x 1760	 Figura 9. Wingle 7 [15].

Tabla 2. Dimensiones de los vehículos (continuación).

Marca	Modelo	Dimensiones (Largo x ancho x alto) (mm)	Representación gráfica
Shineray	X30 Cargo	4200×1695×1930	 <p data-bbox="962 875 1326 913">Figura 10. X30 Cargo [15].</p>
Haval	Haval All New H2 Jolion	4472 x 1841 x 1619	 <p data-bbox="874 1420 1414 1509">Figura 11. 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.

Materiales e insumos para la construcción	
Materia prima	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
Insumos	Autoperforantes 1/2 pulgada
	Disco de corte de acero inoxidable
	Thinner
	Pintura anticorrosiva blanca
	Electrodos
Herramientas	Brocas
	Martillo
	Juego de llaves
	Destornillador plano
	Destornillador de estrella
Equipos	Rachas
	Taladro
	Soldadura TIG
	Amoladora
	Computadora
	Soldadura MIG
	Dobladora de láminas
Cortadora de láminas	

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

Materiales e insumos para la construcción	
Instrumentos de medición	Flexómetro
	Regla
	Escuadra
	Nivel
	Nivel láser
	Anemómetro
Equipo de protección	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, MPa (ksi)	400-550 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
Límite elástico (Esfuerzo de fluencia, MPa (ksi), \geq)	250 (36)	Espesor \leq 200mm (8 pulg.)
	220 (32)	Espesor de placas de acero > 200mm (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 resistencia a la tracción
Módulo de elasticidad, GPa (ksi)	200 (29 \times 103)	-
Prueba de impacto Charpy con muesca en V, J (ft·lbf), \geq	27 (20)	Formas estructurales, ubicación alternativa del núcleo
Módulo de corte, GPa (ksi)	79.3 (11.5 \times 103)	-
Fy del acero A36 (Limite de 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/mm²). 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						
	Rotacion impedida	Rotacion libre	Rotacion impedida	Rotacion libre	Translacion impedida	Translacion impedida
					Translacion libre	Translacion 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.

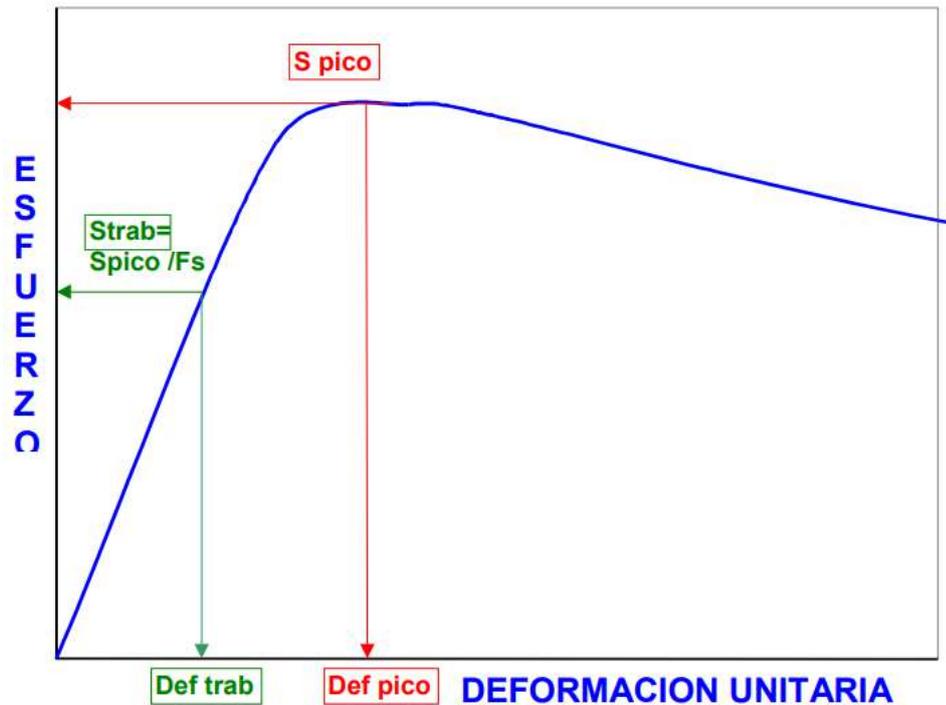


Figura 13. Control de deformaciones con el factor de seguridad [20].

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].

Coefficiente C de pérdida dinámica						
Codos de 90°	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
Te, ramificación						1.00
Te, flujo por ramificación principal						0.10
Ye simétrica						0.30
Posición del amortiguador	0°	10°	20°	30°	40°	50°
C	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 ₂ O (15 Pa).						
Persianas de admisión: suponga que la caída de presión total a través de las persianas es de 0.07 inH ₂ 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	
CPU	Intel(R) Core (TM) i7-8750H CPU @ 2.20GHz 2.21 GHz de 8va generación
SO	Windows 10 Pro
Memoria RAM	16 GB
Coprocesador de gráficos	NVIDIA GeForce GTX 1060
Memoria	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 [m³]

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 [m²]

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. [m⁴]

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_L" 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_L) 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_L= es la pérdida total de energía en el conducto [Pa]

h_L= 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]

Q_i = Caudal de aire entrante [m³/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].

ε = rugosidad de la pared del ducto [m]

ν = viscosidad cinemática del fluido [m²/s].

g = gravedad (9.81 m/s²).

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

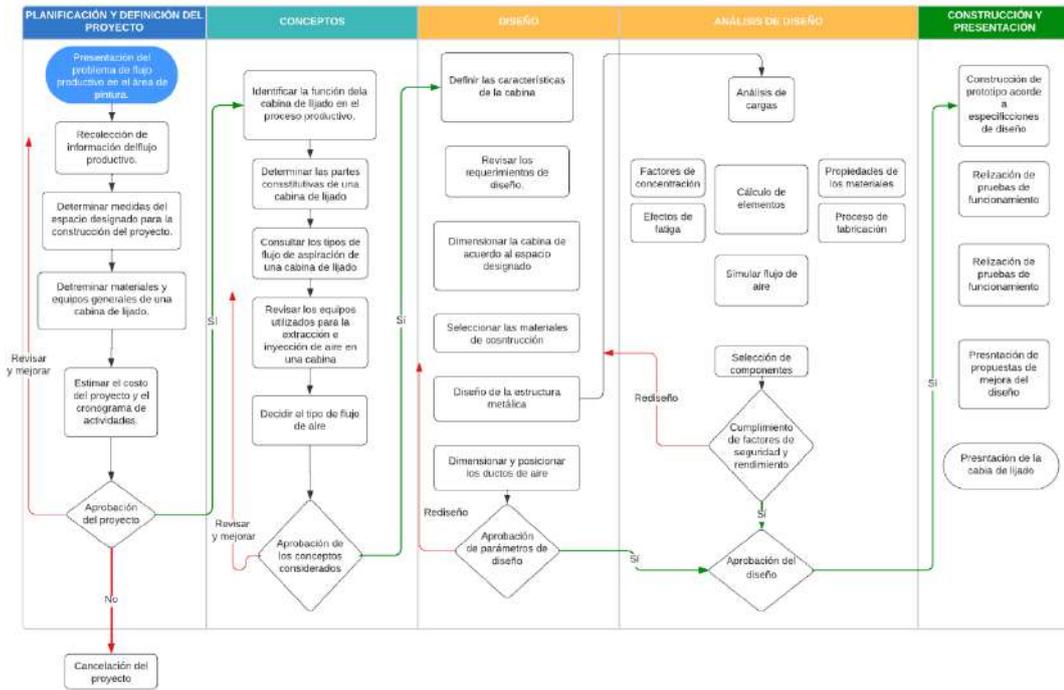


Figura 18. Etapas del desarrollo del proyecto.

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:

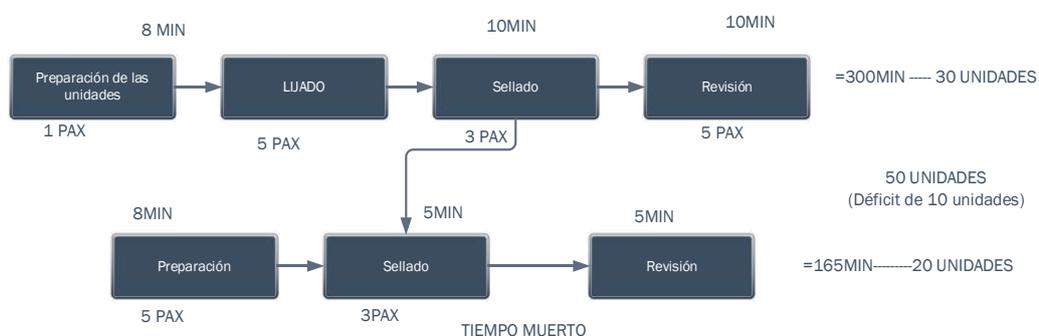


Figura 19. Tiempos y etapas del proceso de lijado (PAX=cantidad de personas).

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 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	
Profundidad	12 m
Ancho	4.78 m
Altura total	3.55 m
Altura espacio de trabajo	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.

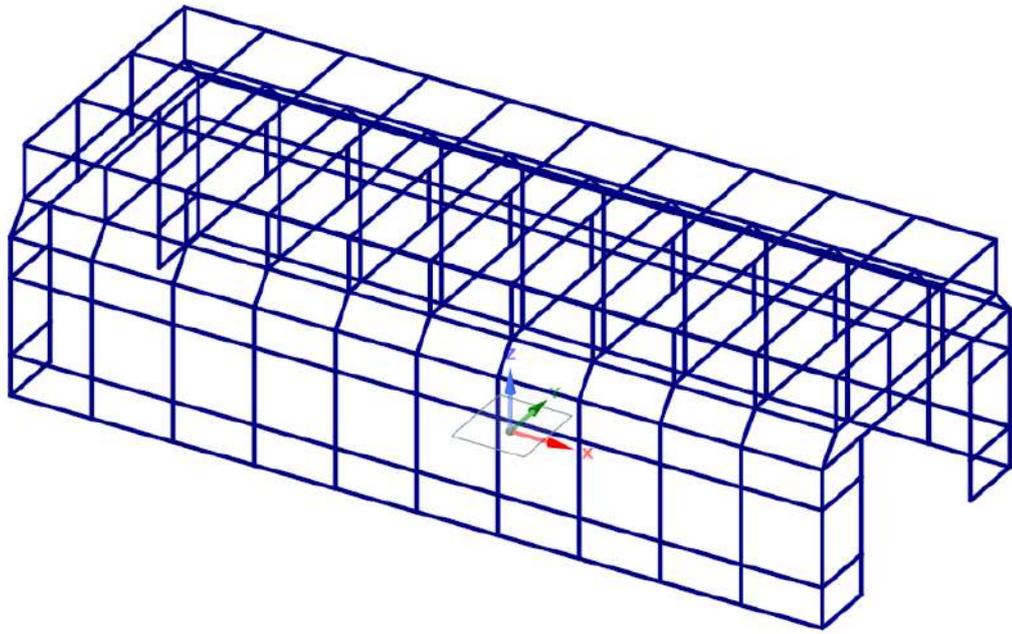


Figura 23. Boceto de la estructura metálica.

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

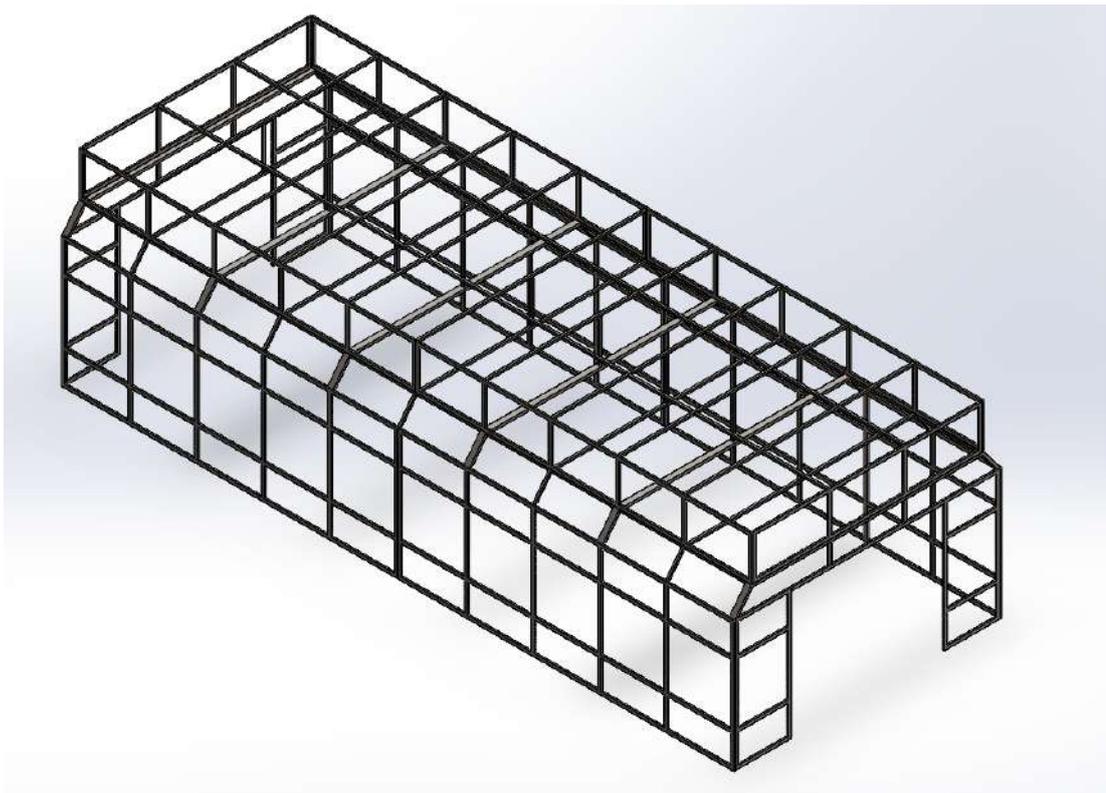


Figura 24. Ensamble del perfil estructural.

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 (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.

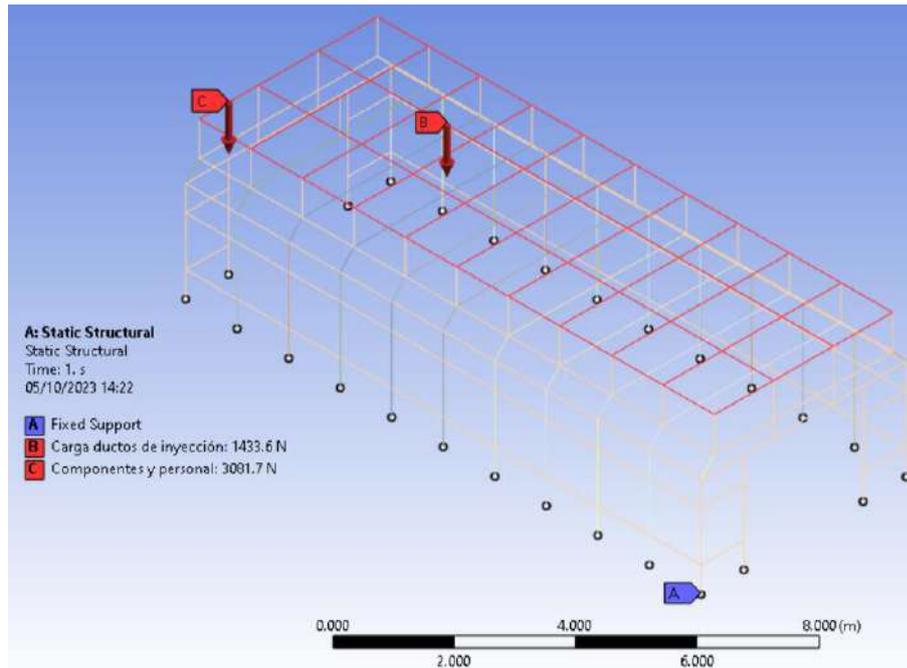


Figura 25. Asignación de cargas para la estructura de la cabina.

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.

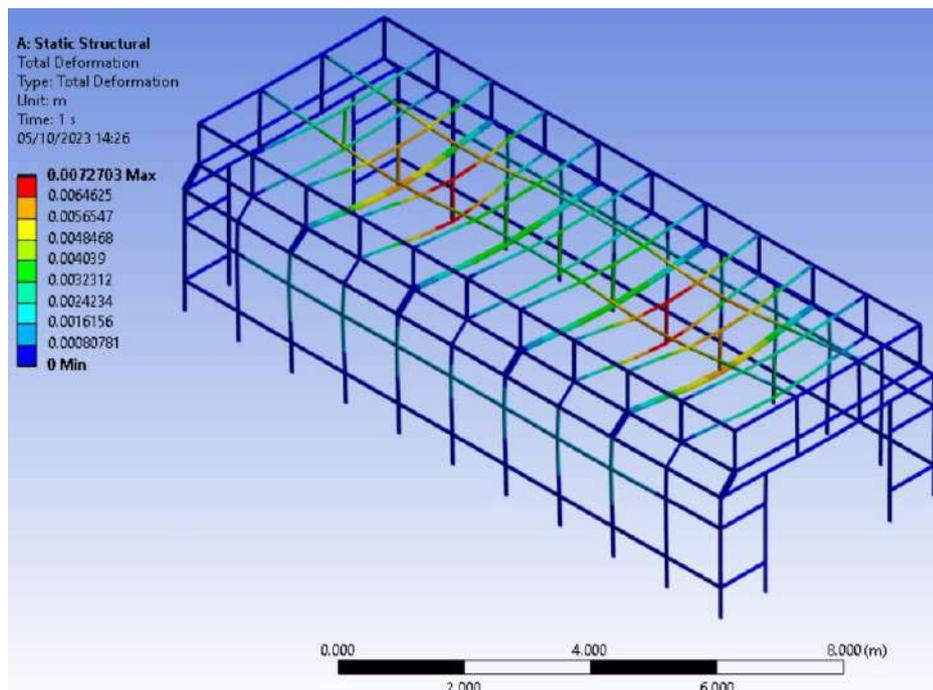


Figura 26. Desplazamiento máximo en la estructura.

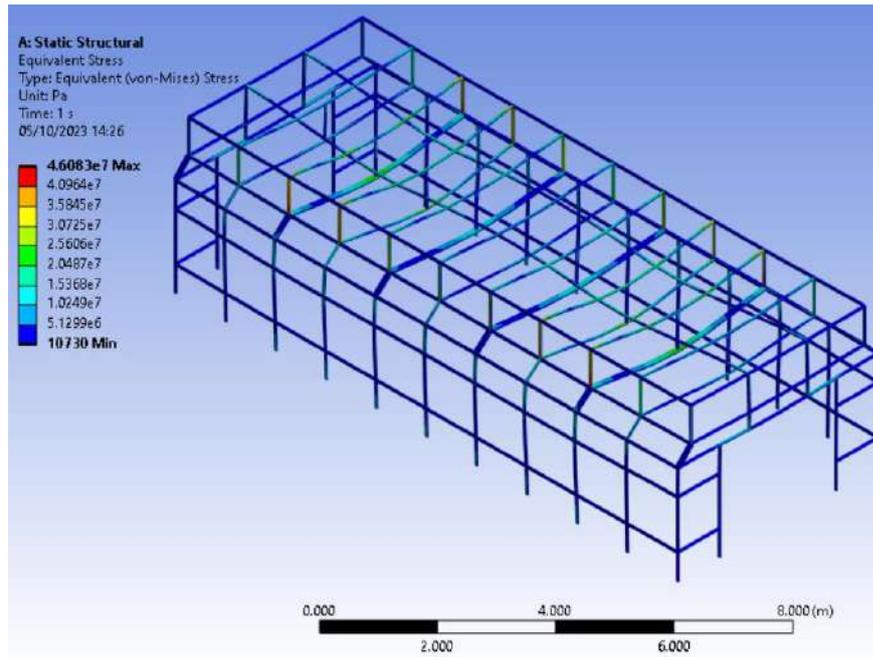


Figura 27. Esfuerzo máximo admisible en la estructura.

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.

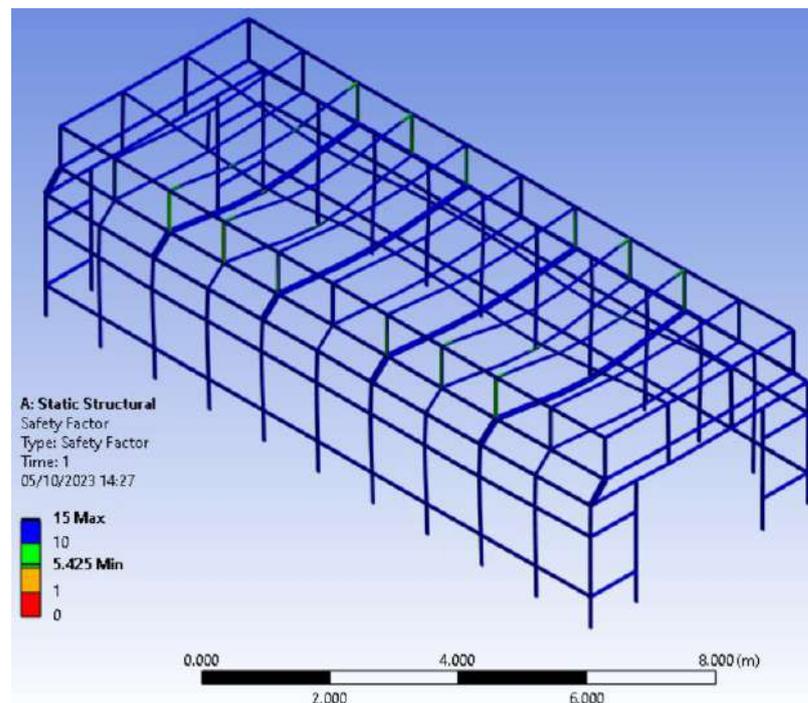


Figura 28. Factor de seguridad de la estructura.

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.

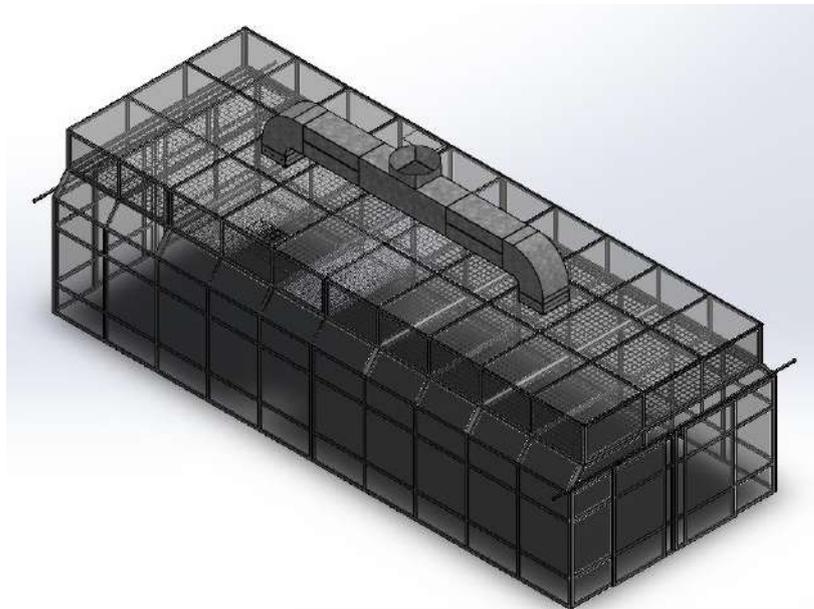


Figura 29. Diseño de ductos de inyección.

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.

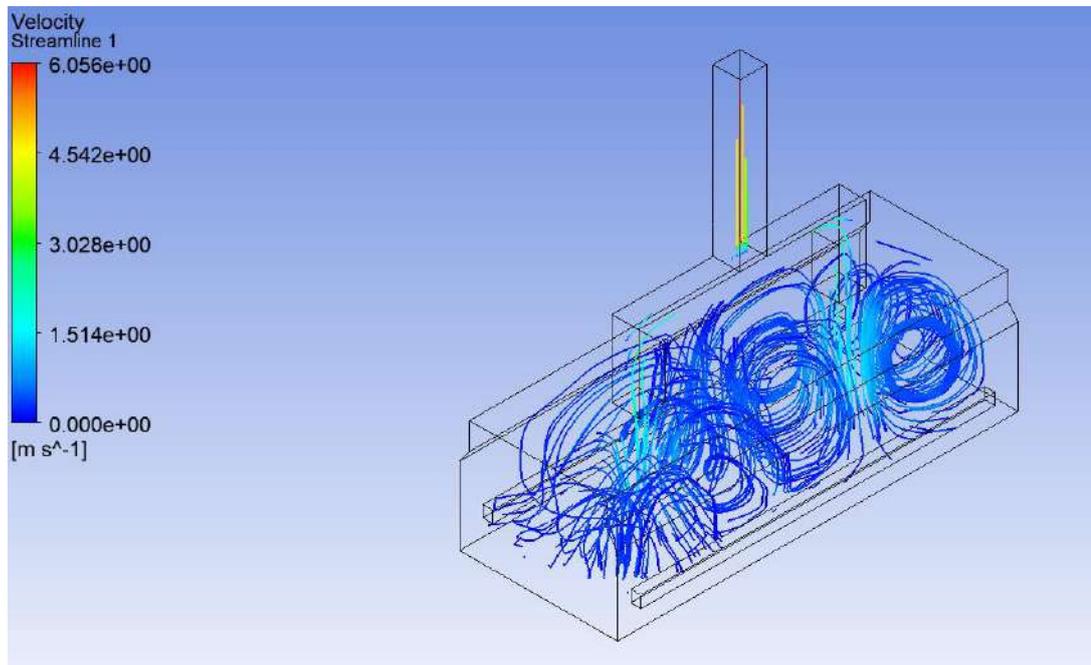


Figura 30. Simulación trayectoria de ingreso de aire.

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.

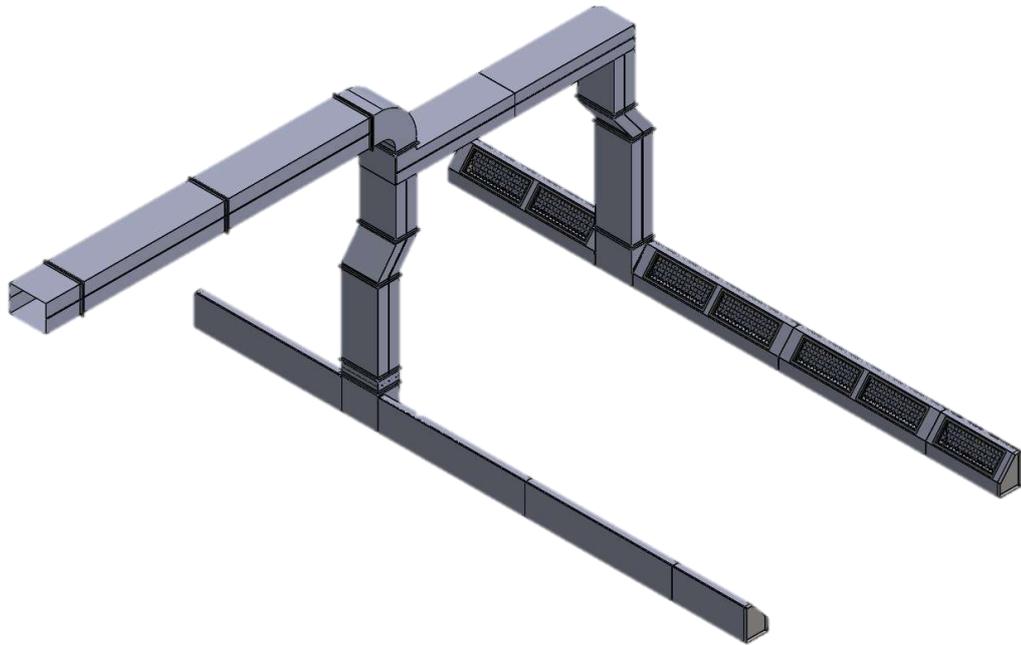


Figura 31. Diseño de los ductos de extracción.

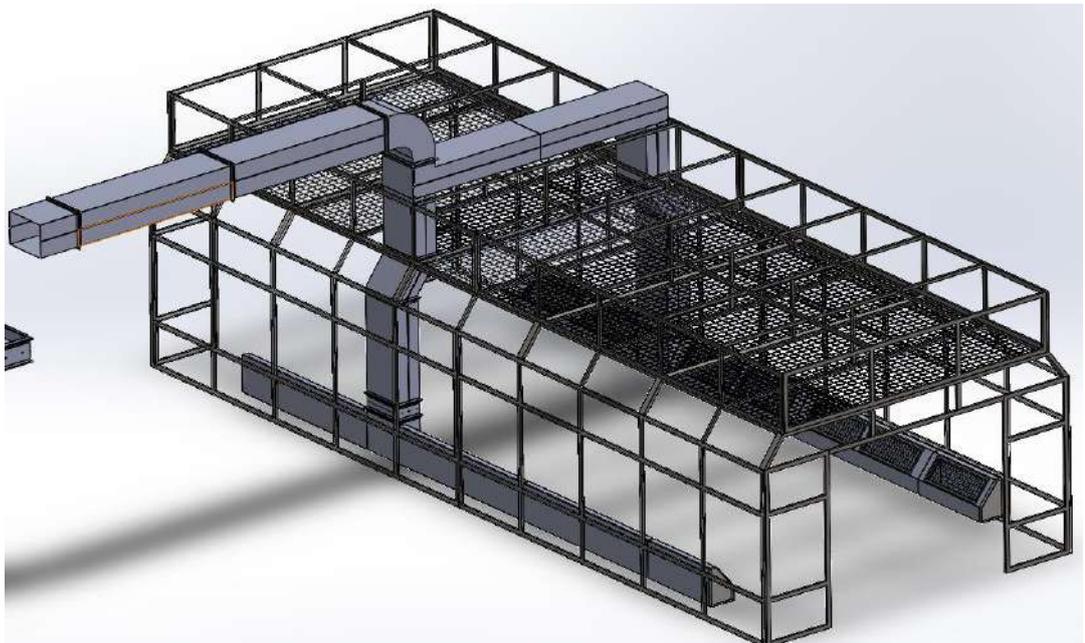


Figura 32. Ubicación de los ductos de extracción dentro de la cabina de lijado.

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.

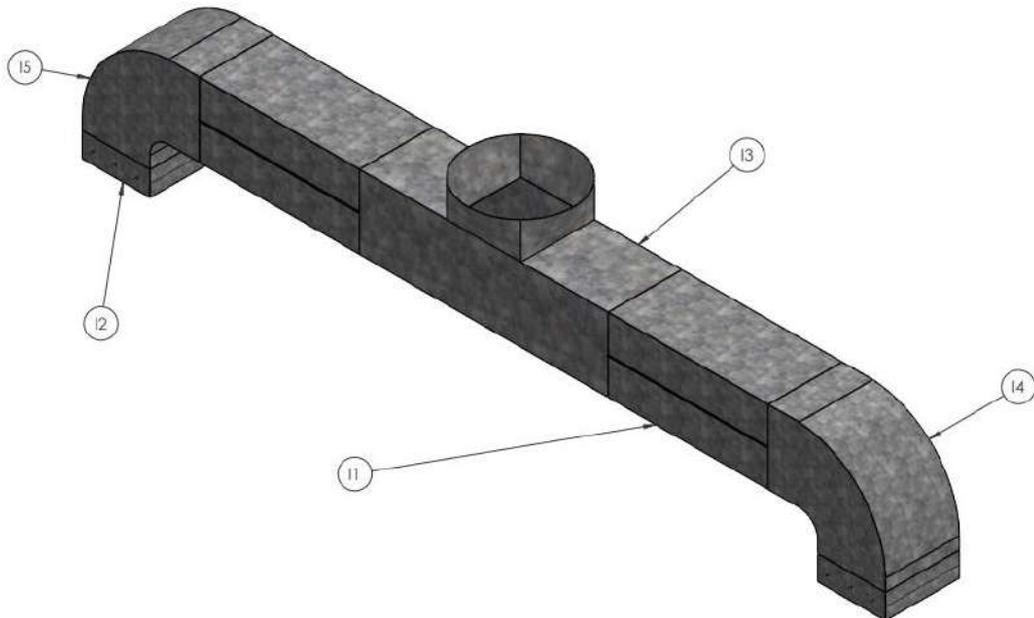


Figura 33. Identificación numérica de secciones de ducto y accesorios de los ductos de inyección.

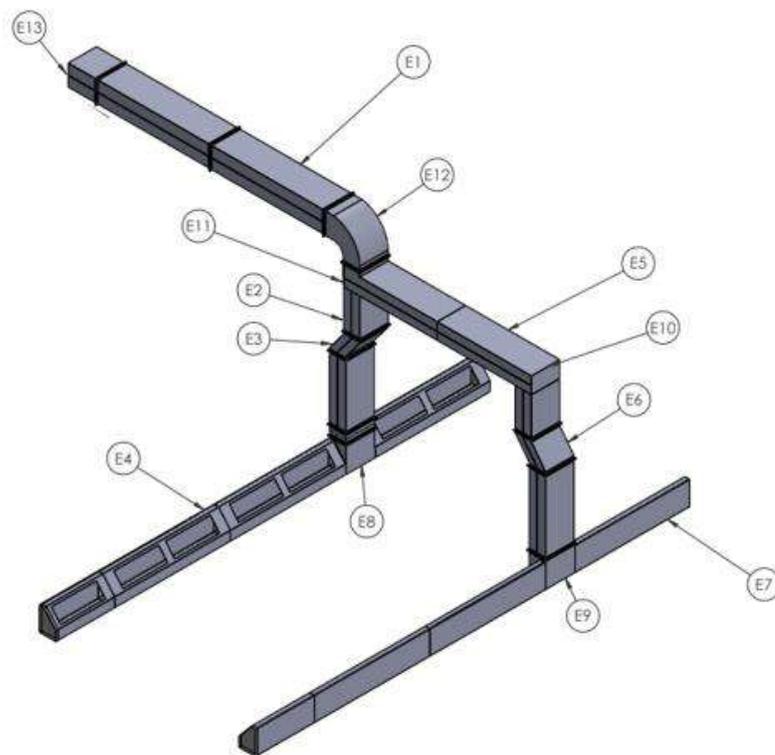


Figura 34. Identificación numérica de secciones de ducto y accesorios de los ductos de extracción.

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 m³/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 x 60 cm con una longitud de de 260 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.

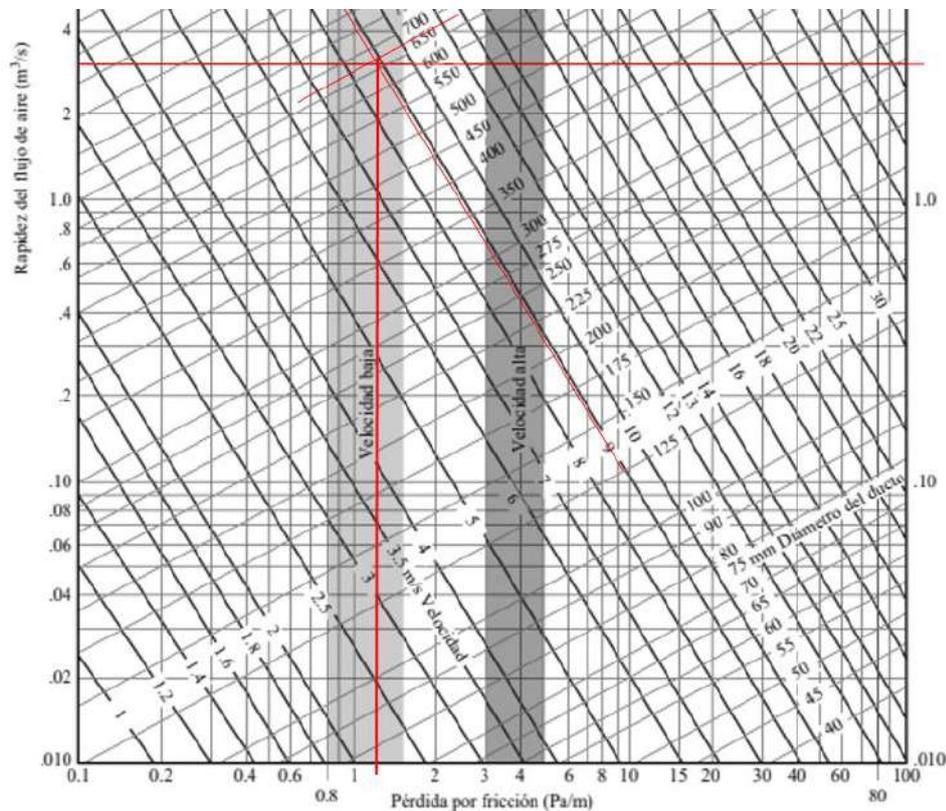


Figura 35. Pérdida por fricción en ductos de 60 x 60 cm.

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

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

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

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 (m ³ /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.

Sistema	HL por fricción (Pa)	HL Dinámicos (Pa)	HL Total (Pa)	HL Total (inH2O)
Inyección	0.0342	22.2870219	22.3212219	0.08971552
Extracción	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 (γ) del fluido, en este caso el aire a condiciones estándar, cuyo valor es 12.017 N/m³.

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

Sistema	HL Total (Pa)	HL Total (m)
Inyección	22.321222	1.85747041
Extracción	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 m²/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)	ϵ (m)	v (m ² /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /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 m³/h se seleccionó un ventilador helicoidal tubular en base a las curvas características del modelo.

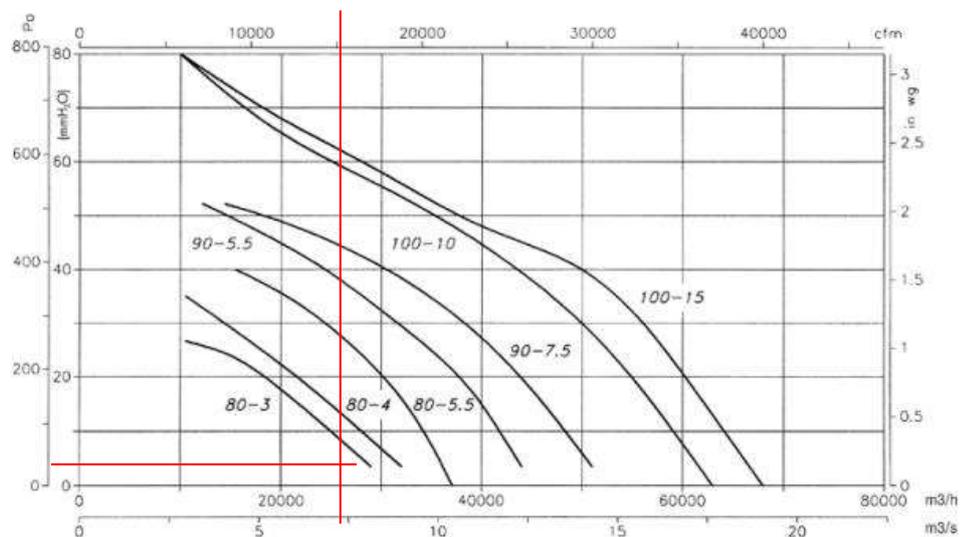


Figura 36. Selección del tipo de ventilador helicoidal tubular, con motor exterior marca SODECA [26].

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.

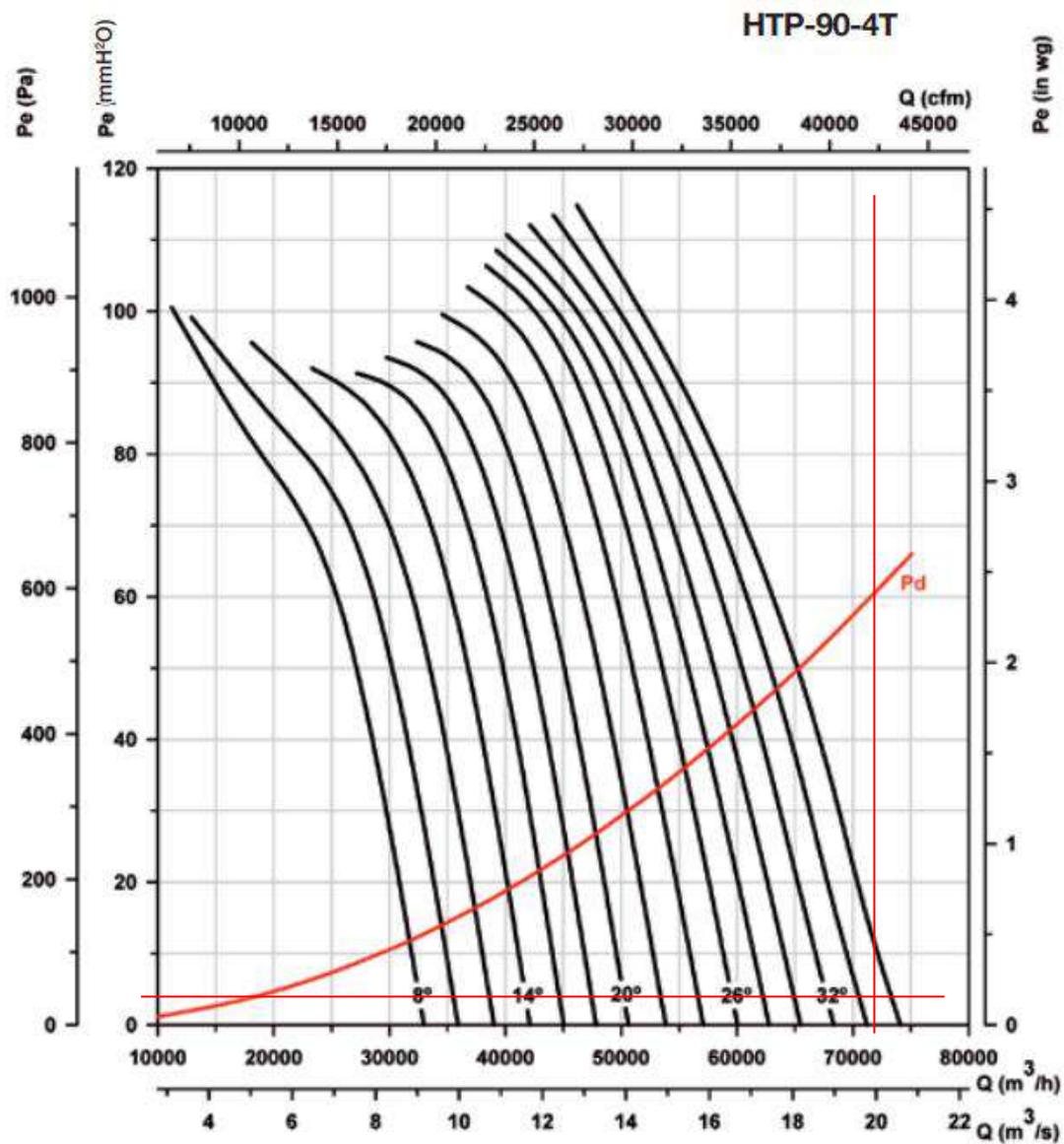


Figura 37. Selección del tipo de extractor axial tubular de alta presión marca SODECA [26].

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 (rev/min)	Intensidad máx. admisible (A)		Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m ³ /h)	Peso aprox. (kg)
Inyección	HPX-80-4T-3	1200	8.49 (220- 277V)	4.90 (380- 480 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
TOTAL			\$13430.34

3.5.2 Proceso de construcción

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

Proceso de construcción de la cabina de lijado		
Elemento	Imagen	Descripción
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).

Proceso de construcción de la cabina de lijado		
Elemento	Imagen	Descripción
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).

Proceso de construcción de la cabina de lijado		
Elemento	Imagen	Descripción
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.

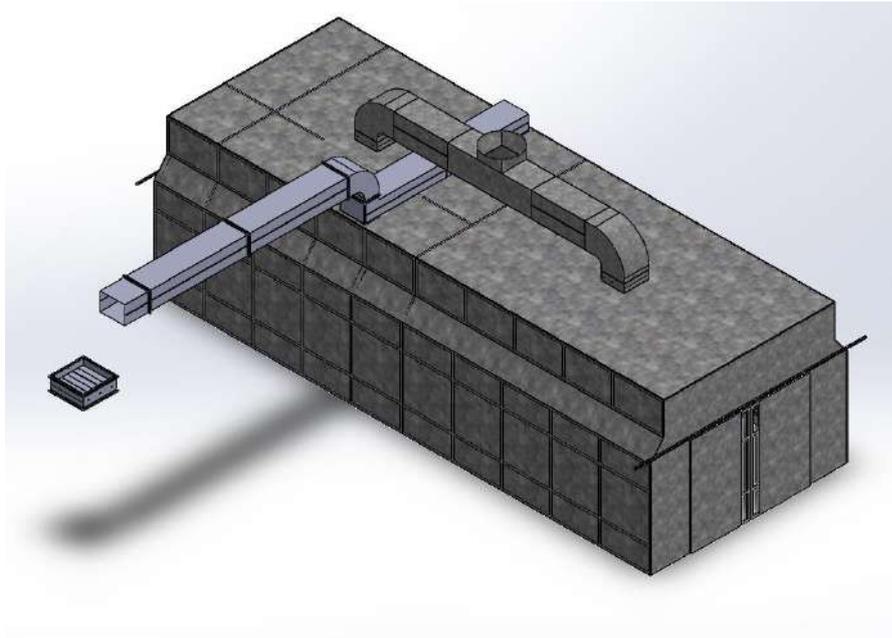


Figura 40. Cabina de lijado diseño en software.

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.

Modelo Tipo de pintura	WINGLE	VAN	SGO1	CABINA
ELPO	5	0	27	32
PRIMER	15	1	12	28
REPROCESO 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
- [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
- [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.airtectv.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
- [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

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

X30 Cargo		Exterior	Interior	Colores	Especificaciones	Videos	Galería	Ficha Técnica	Test Drive	Historias	Cotizar
Ficha Técnica											
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										

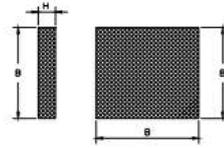
Anexo 4. Esfuerzos admisibles para elementos sometidos a compresión acero A36

ESFUERZOS ADMISIBLES PARA ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESION

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

KL/R	Fa Kg./cm ²								
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 ²	MEDIDA HxB	Kg./m	Kg./unid 6m.	AREA Cm ²	MEDIDA BxB	Kg./m	Kg./unid 6m.	AREA Cm ²
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

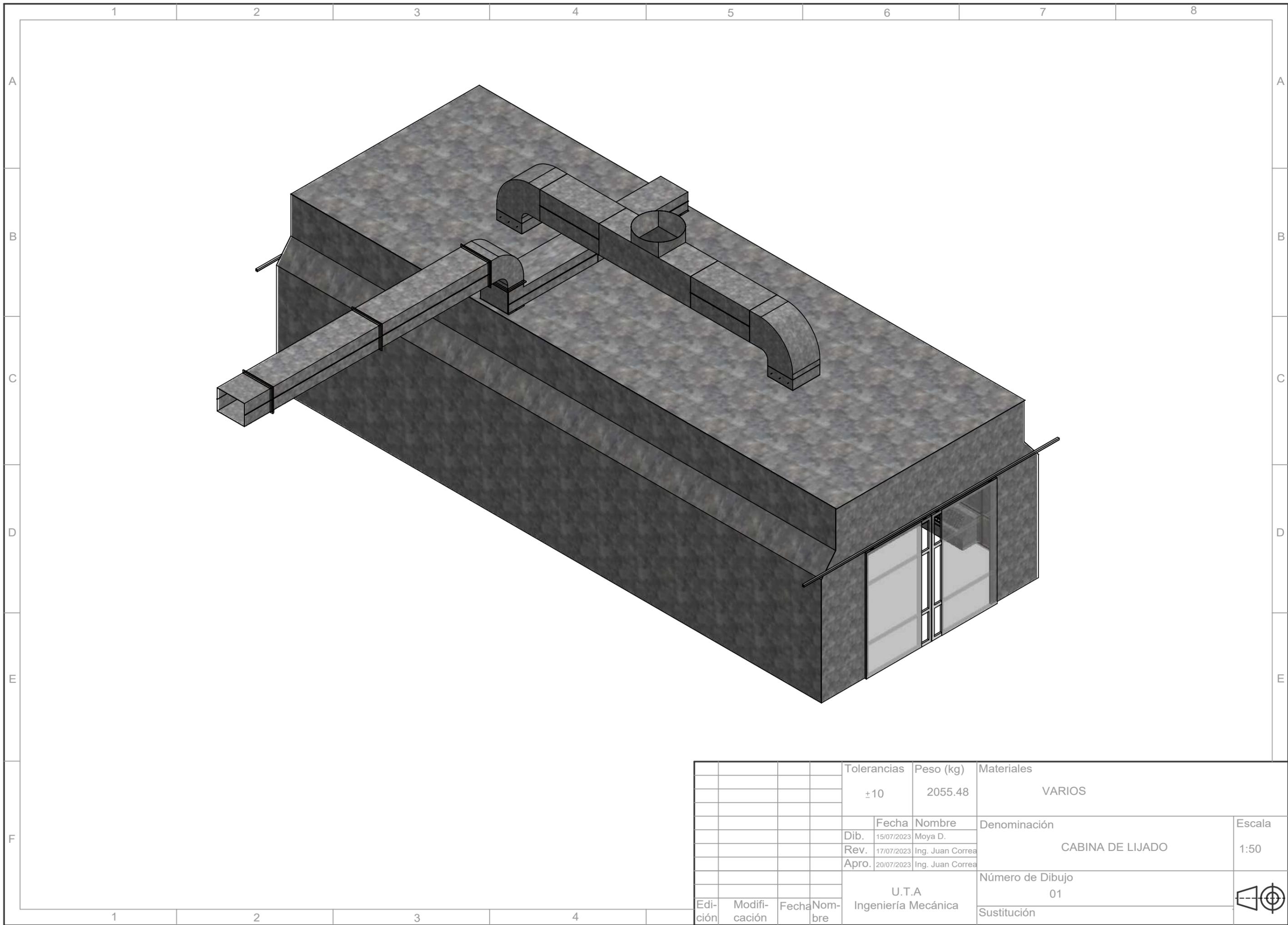
PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE Tabla 2
a presión atmosférica

Temperatura	Densidad	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática	Velocidad del sonido
$^{\circ}\text{C}$	ρ kg/m^3	μ $\text{N}\cdot\text{s/m}^2 \cdot 10^{-5}$	ν $\text{m}^2/\text{s} \cdot 10^{-5}$	c 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

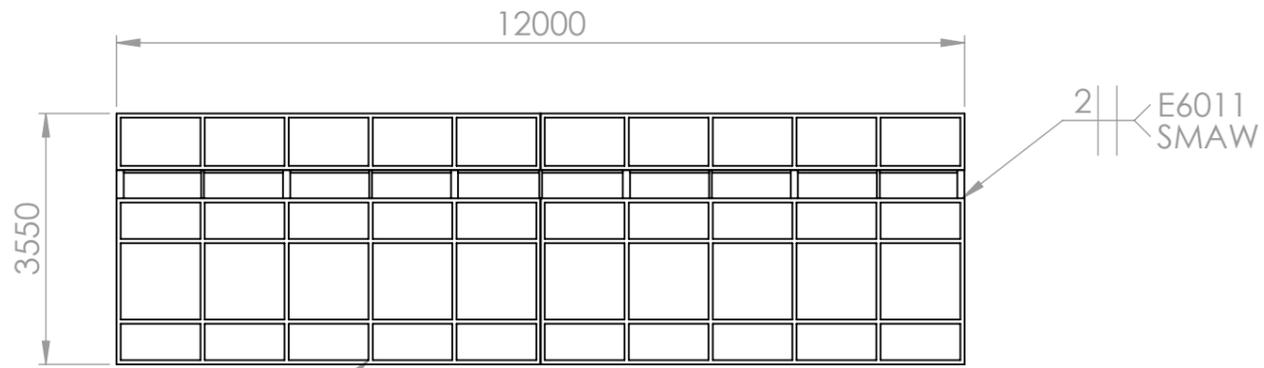
Anexo 7. Rugosidad absoluta de distintos materiales

MATERIAL	ϵ en mm
TUBO LISO	
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

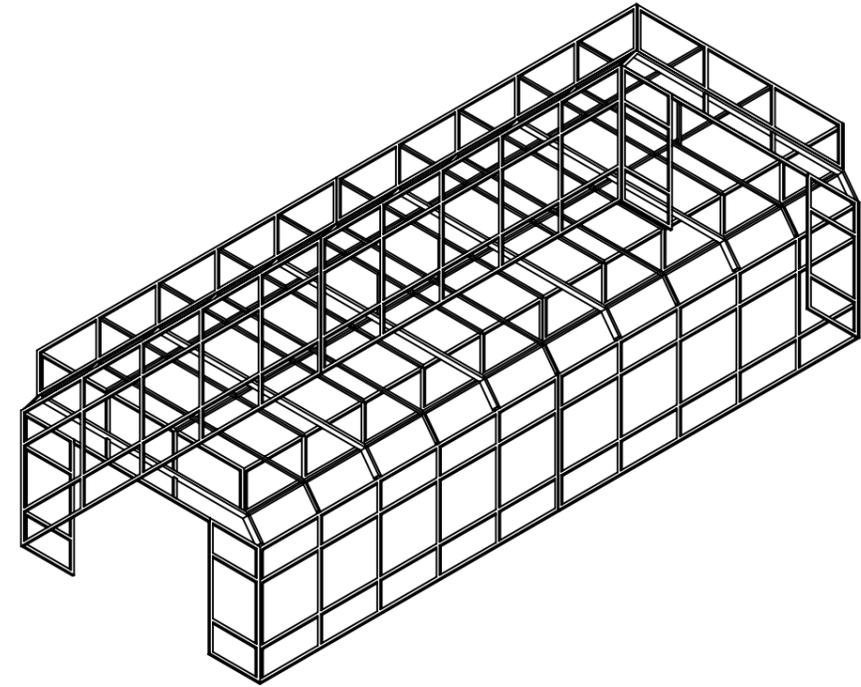
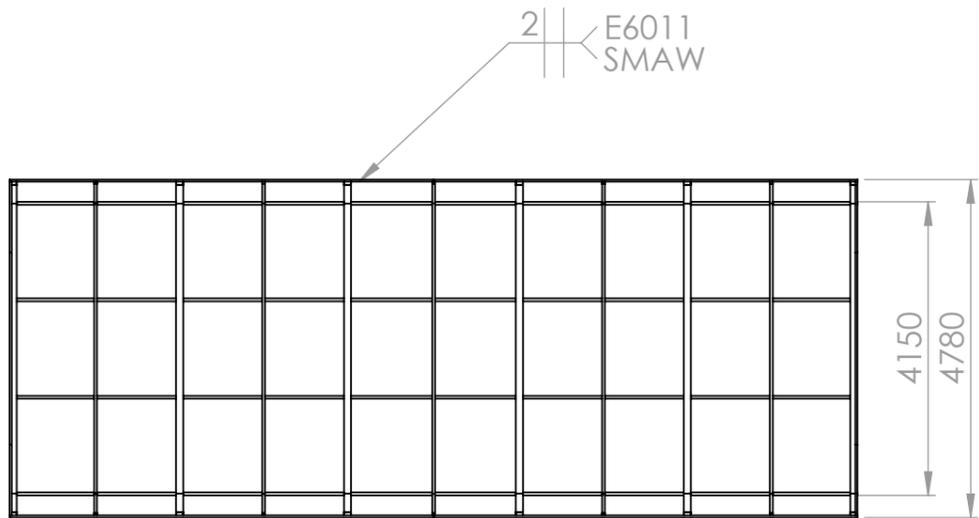
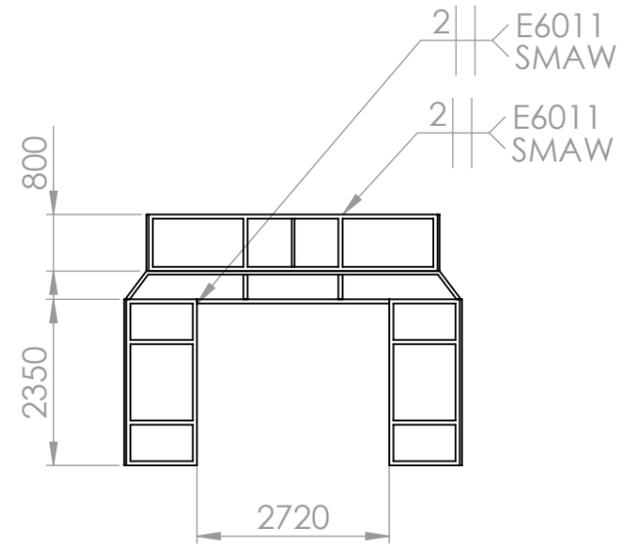
Anexo 8. Planos



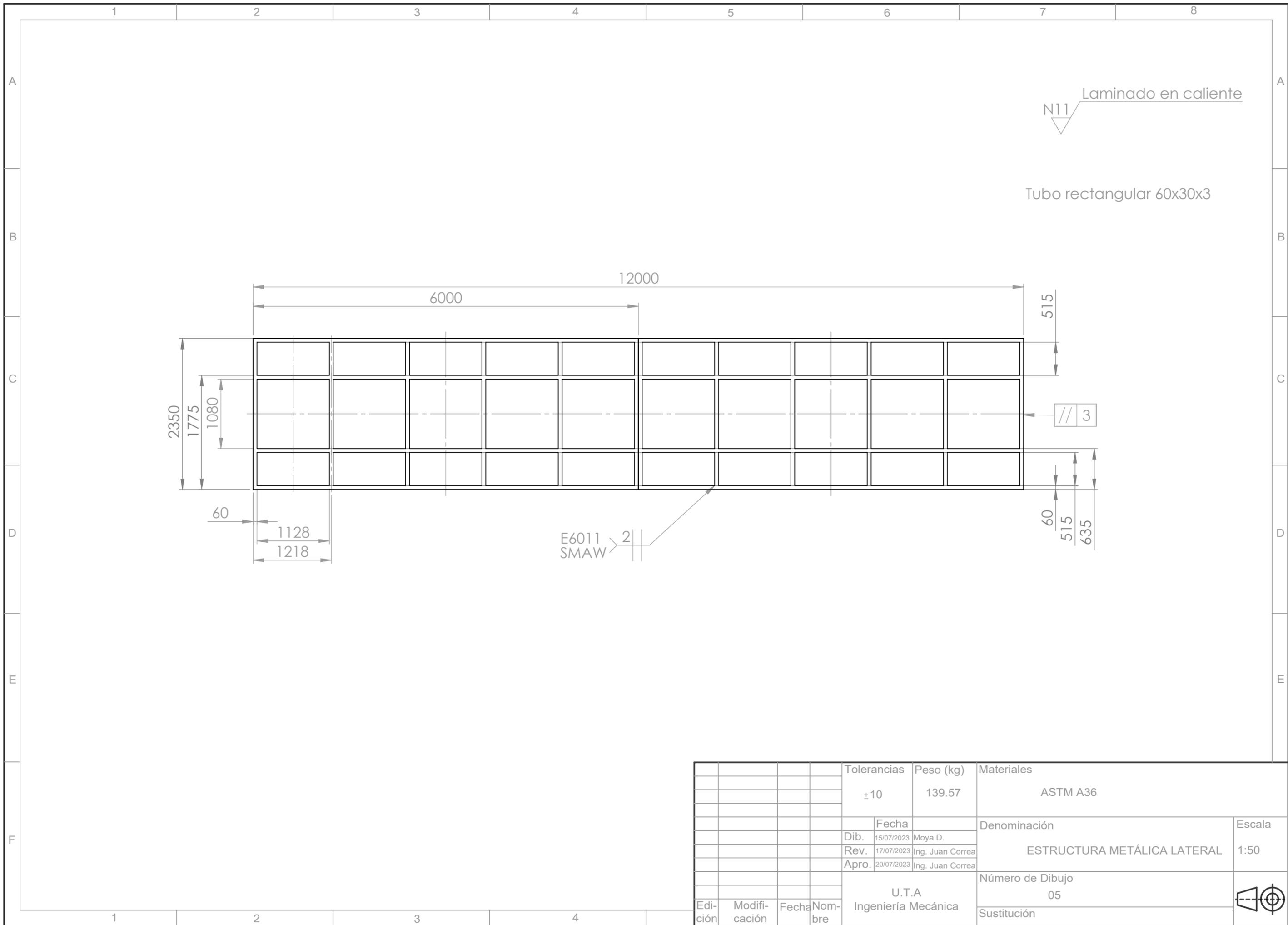
				Tolerancias	Peso (kg)	Materiales	
				±10	2055.48	VARIOS	
					Fecha	Nombre	Denominación
				Dib.	15/07/2023	Moya D.	CABINA DE LIJADO
				Rev.	17/07/2023	Ing. Juan Correa	
				Apro.	20/07/2023	Ing. Juan Correa	
					U.T.A		Número de Dibujo
					Ingeniería Mecánica		01
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nom-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



E6011 SMAW 2



				Tolerancias	Peso (kg)	Materiales		
				±10	818.99	ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación	Escala
				Dib.	15/07/2023	Moya D.	ESTRUCTURA METÁLICA	1:100
				Rev.	17/07/2023	Ing. Juan Correa		
				Apro.	20/07/2023	Ing. Juan Correa		
				U.T.A Ingeniería Mecánica			Número de Dibujo	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				04	
							Sustitución	

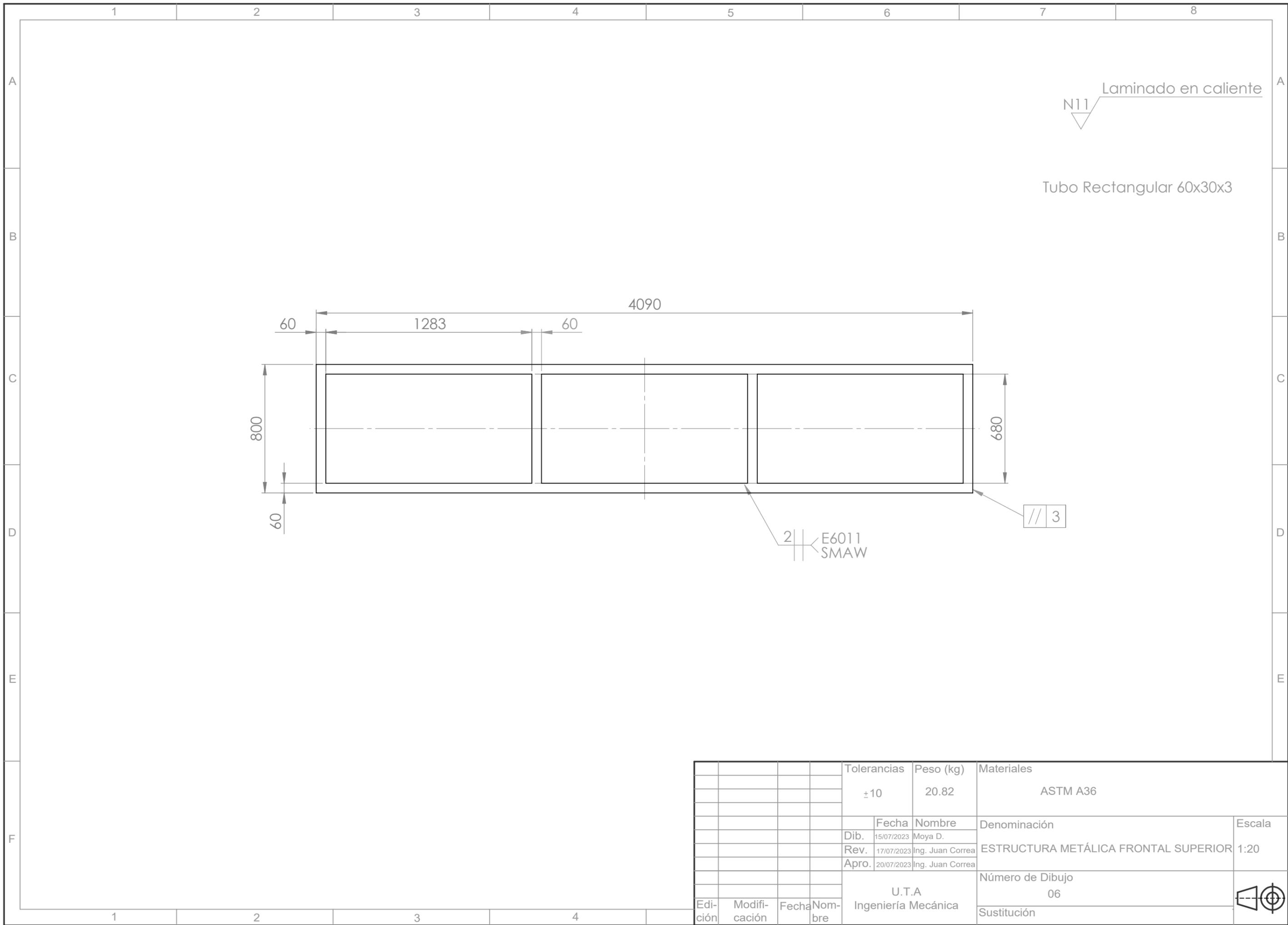


N11 Laminado en caliente

Tubo rectangular 60x30x3

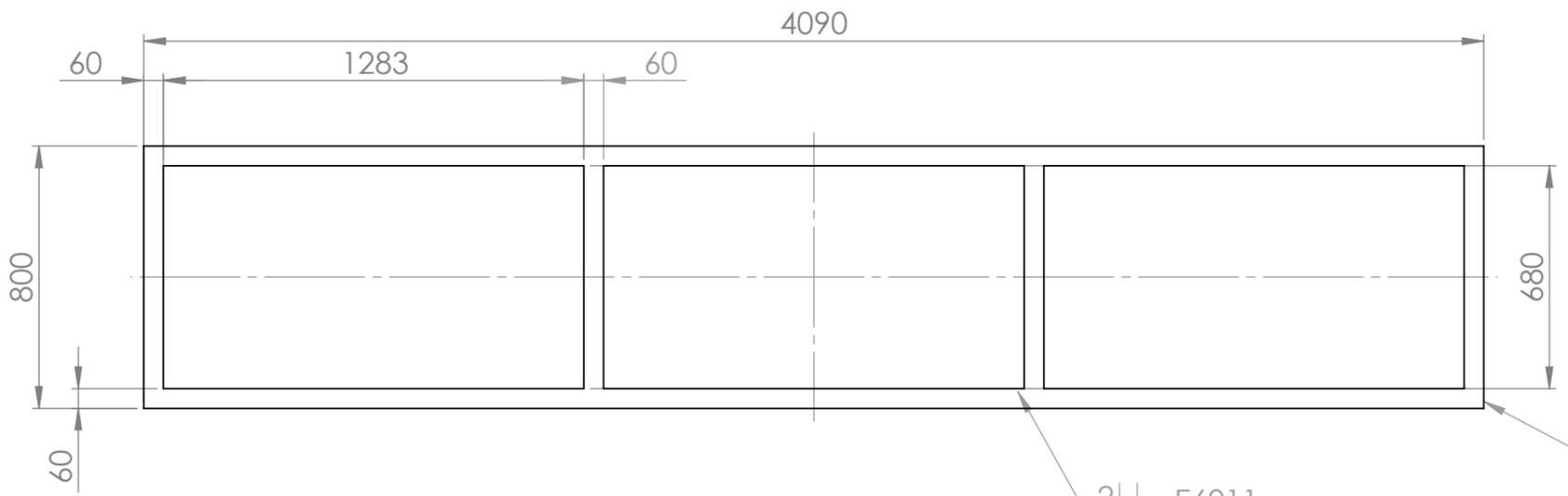
E6011 SMAW 2

				Tolerancias	Peso (kg)	Materiales	
				±10	139.57	ASTM A36	
					Fecha	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	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nom- bre			Sustitución	



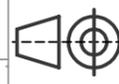
N11 Laminado en caliente

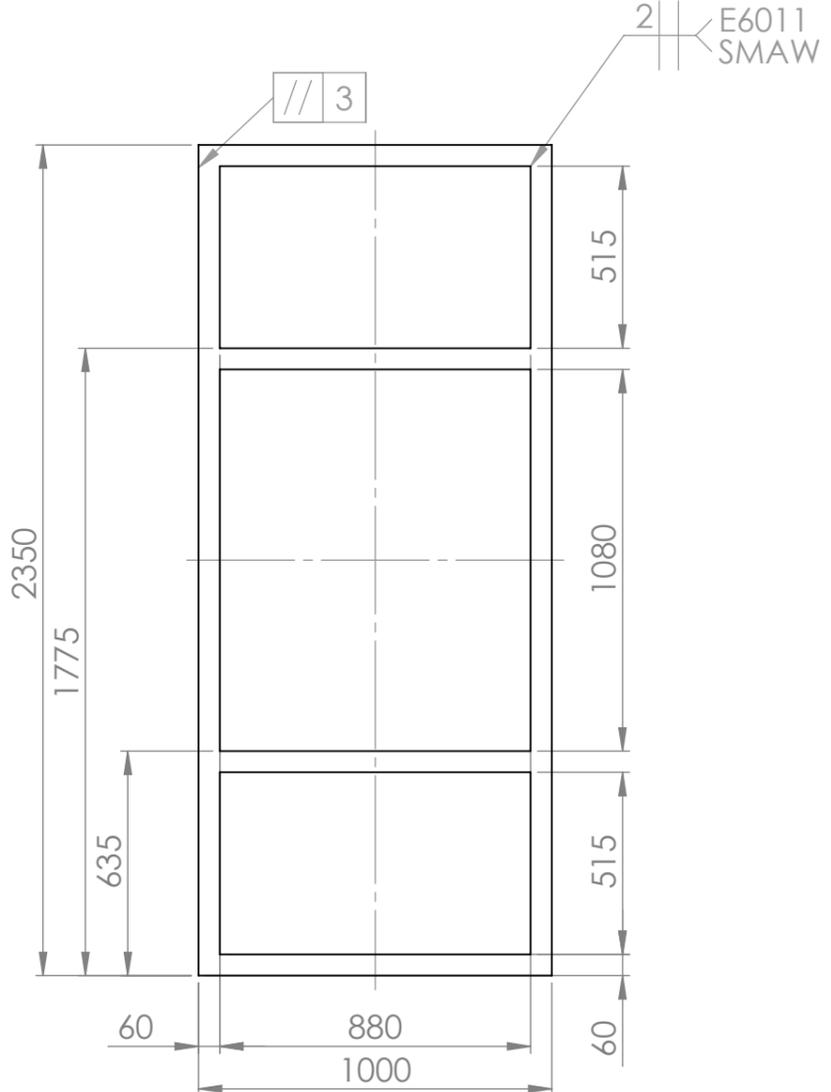
Tubo Rectangular 60x30x3



2 E6011 SMAW

// 3

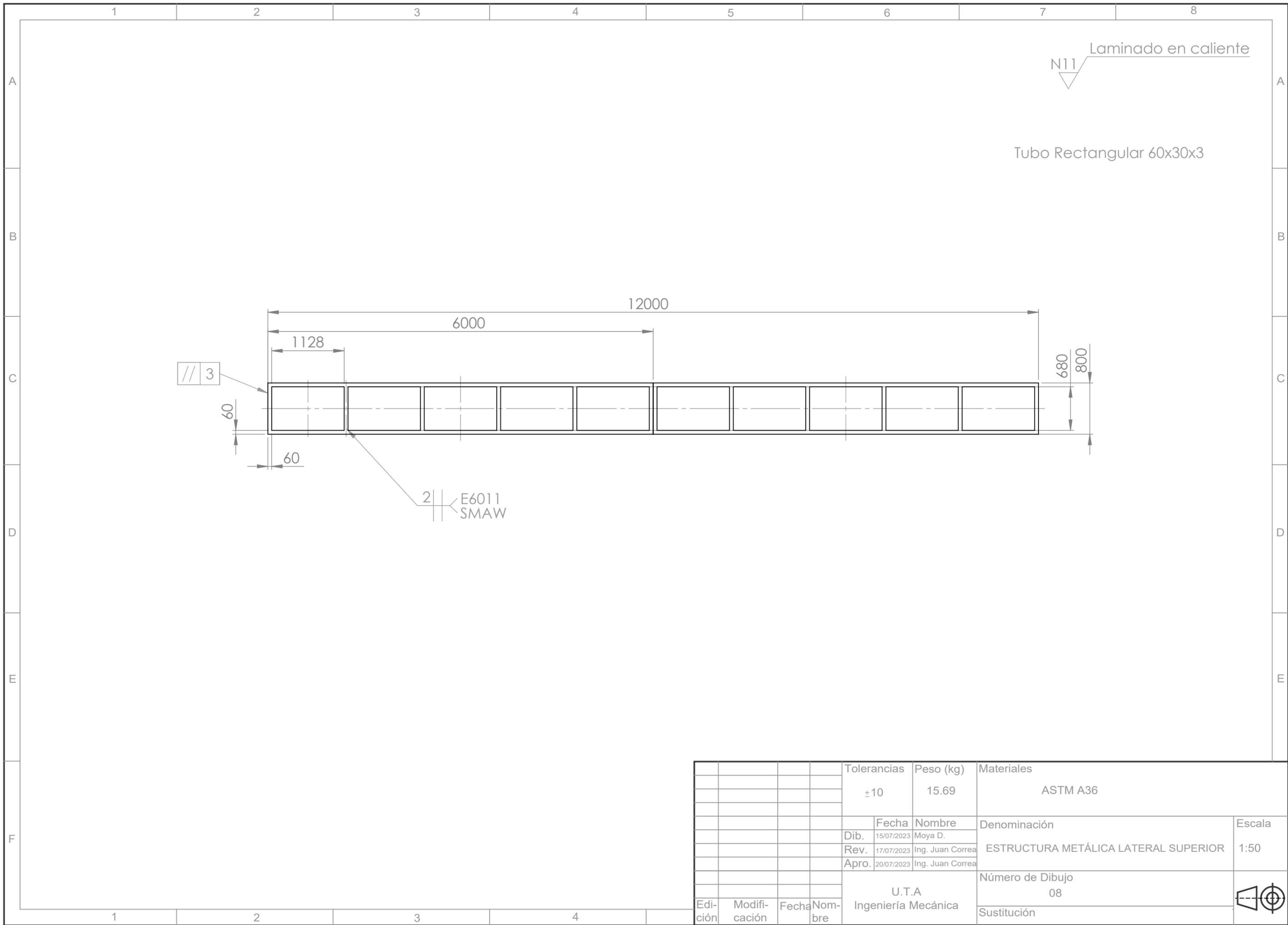
				Tolerancias	Peso (kg)	Materiales		
				±10	20.82	ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación	Escala
				Dib.	15/07/2023	Moya D.	ESTRUCTURA METÁLICA FRONTAL SUPERIOR	1:20
				Rev.	17/07/2023	Ing. Juan Correa		
				Apro.	20/07/2023	Ing. Juan Correa		
				U.T.A Ingeniería Mecánica			Número de Dibujo	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				06	
							Sustitución	



N11 Laminado en caliente

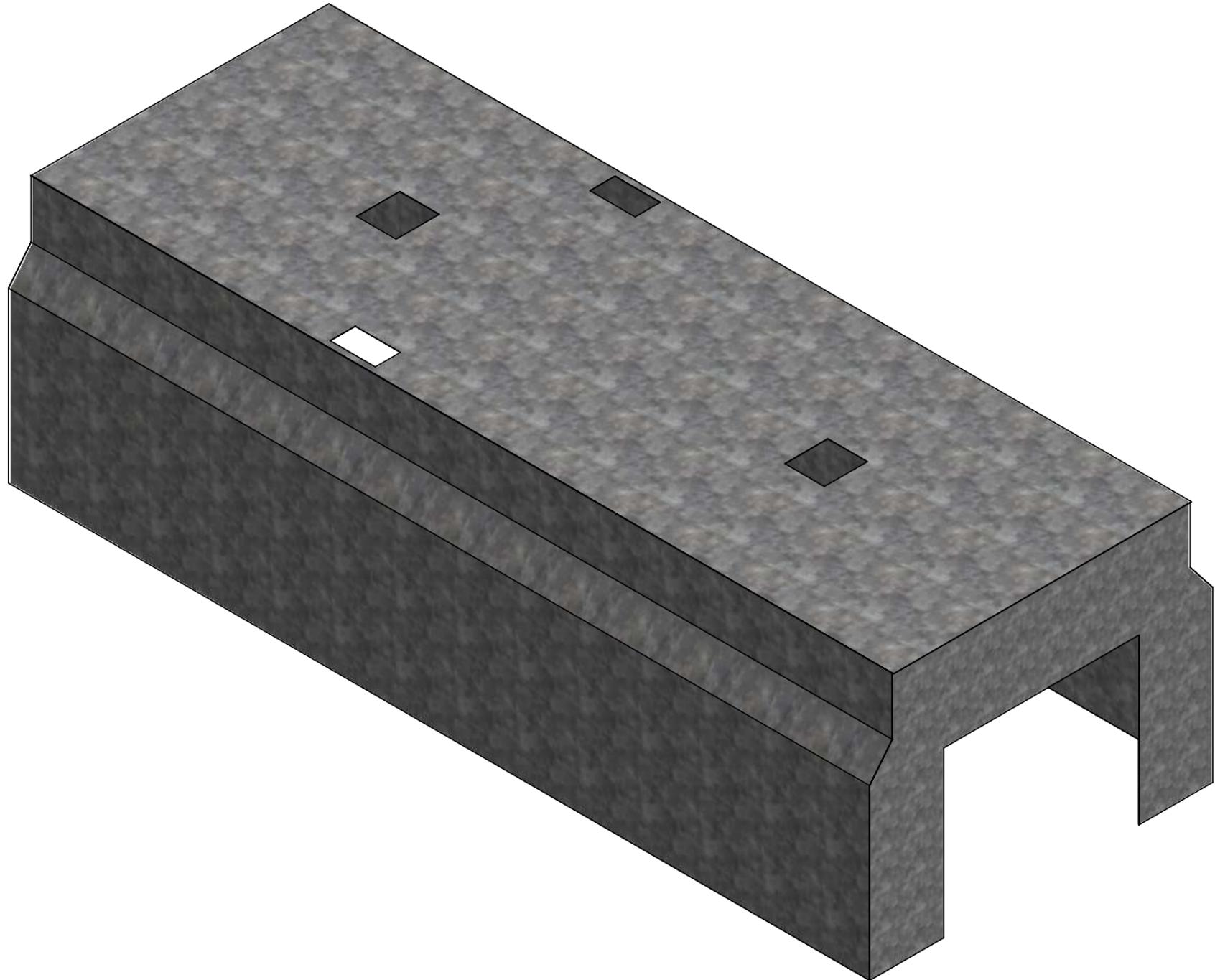
Tubo Rectangular 60x30x3

				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	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

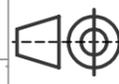


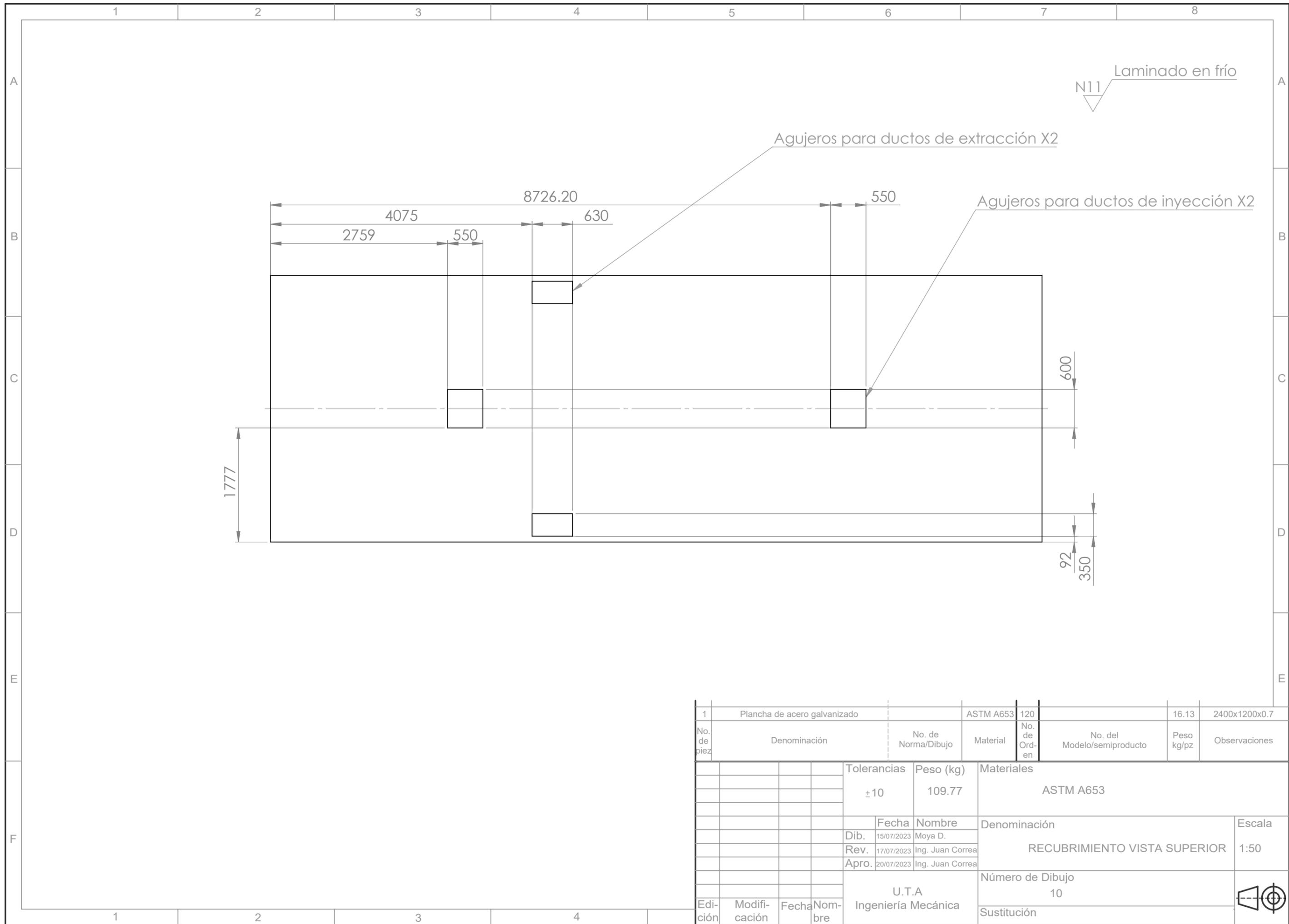
				Tolerancias	Peso (kg)	Materiales	
				± 10	15.69	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación
				Dib.	15/07/2023	Moya D.	ESTRUCTURA METÁLICA LATERAL SUPERIOR
				Rev.	17/07/2023	Ing. Juan Correa	
				Apro.	20/07/2023	Ing. Juan Correa	
					U.T.A		Número de Dibujo
					Ingeniería Mecánica		08
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nom- bre				Sustitución



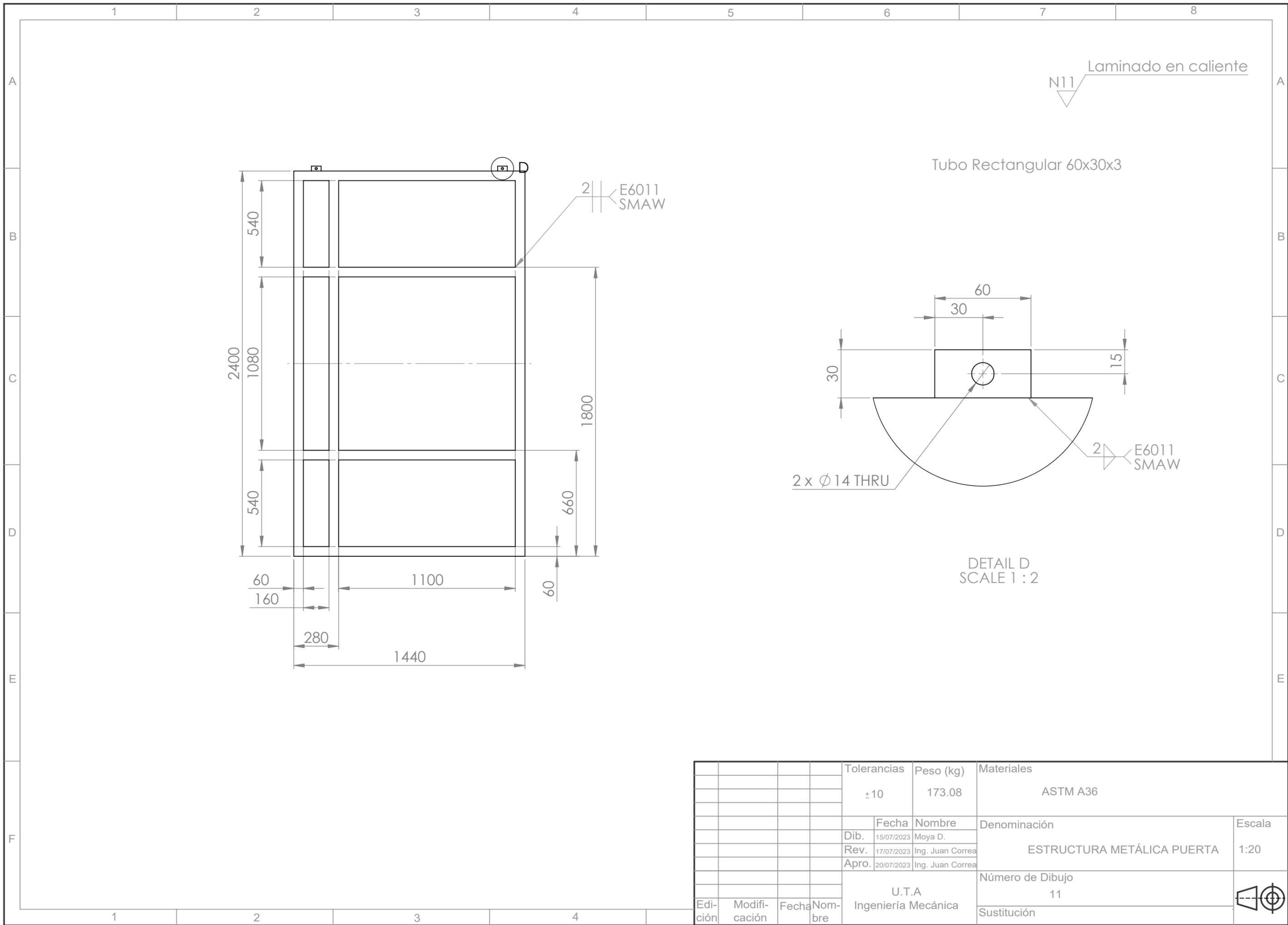


N11
 Laminado en frío

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 Ingeniería Mecánica		Número de Dibujo 09		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución			



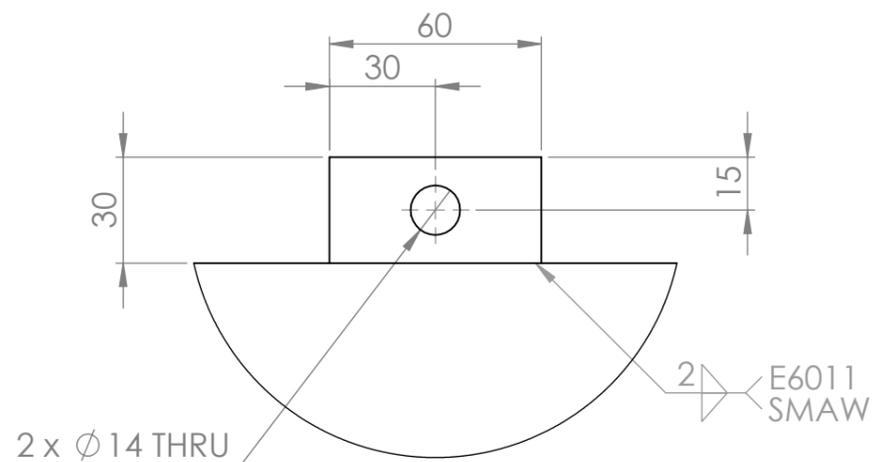
1	Plancha de acero galvanizado			ASTM A653	120	16.13	2400x1200x0.7
No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso kg/pz	Observaciones
			Tolerancias	Peso (kg)	Materiales		
			±10	109.77	ASTM A653		
				Fecha	Nombre	Denominación	
			Dib.	15/07/2023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



N11 Laminado en caliente

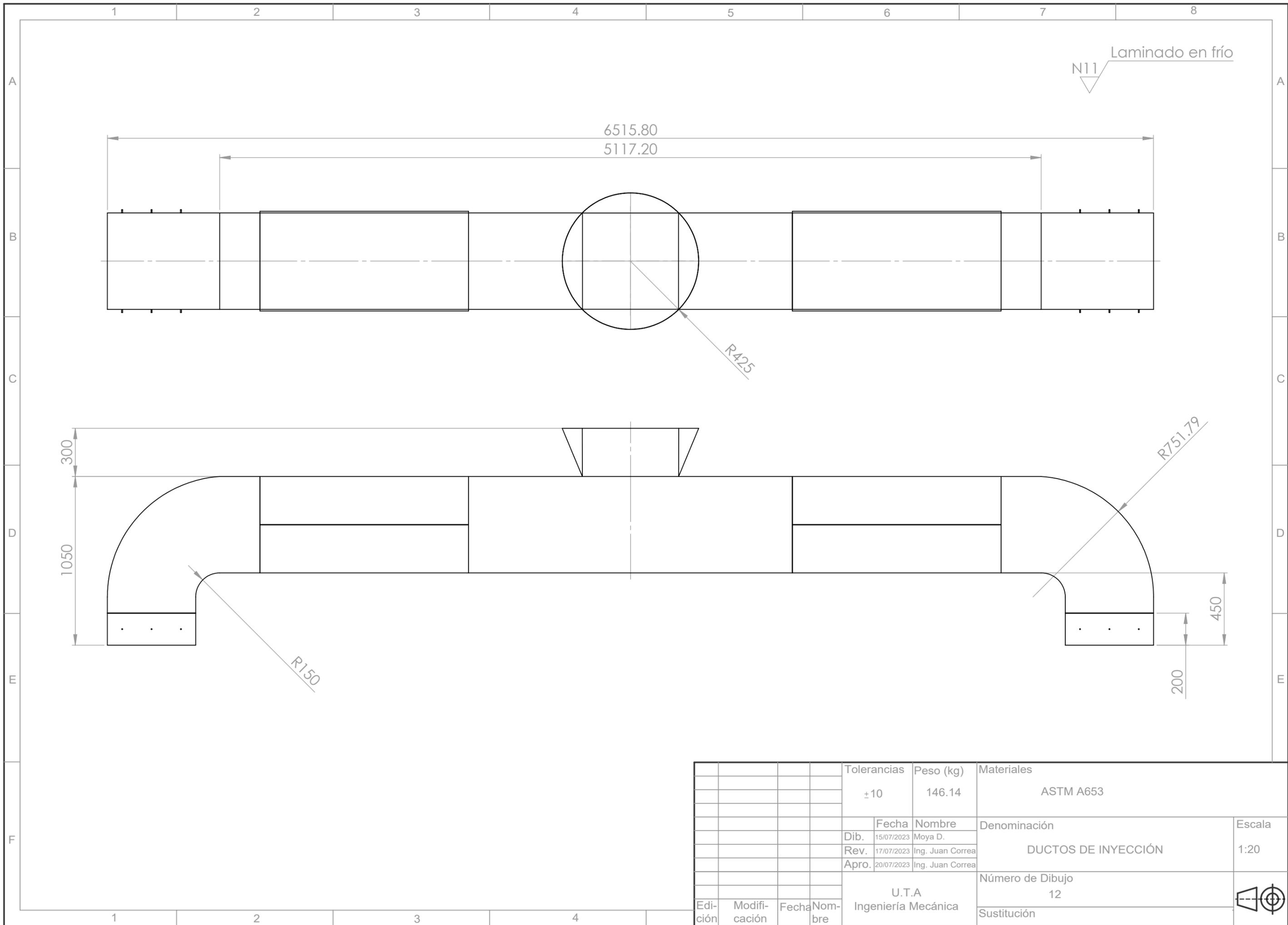
Tubo Rectangular 60x30x3

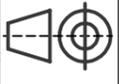
2 E6011 SMAW



DETAIL D
SCALE 1 : 2

				Tolerancias	Peso (kg)	Materiales	
				±10	173.08	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación
				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	Escala
				Ingeniería Mecánica		11	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



				Tolerancias	Peso (kg)	Materiales	
				±10	146.14	ASTM A653	
						Denominación	Escala
				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	
				Ingeniería Mecánica		12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	