



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA GASIFICADOR TIPO
DOWNDRAFT DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

EDWIN DANIEL MOLINA JIMÉNEZ

FRANKLIN DAVID MORETA GUAMÁN

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA GASIFICADOR TIPO
DOWNDRAFT DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: EDWIN DANIEL MOLINA JIMÉNEZ

FRANKLIN DAVID MORETA GUAMÁN

DIRECTOR: Ing. FÉLIX ANTONIO GARCÍA MORA

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Edwin Daniel Molina Jiménez & Franklin David Moreta Guamán

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Edwin Daniel Molina Jiménez y Franklin David Moreta Guamán, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de diciembre de 2022



Edwin Daniel Molina Jiménez
CI.1752101848

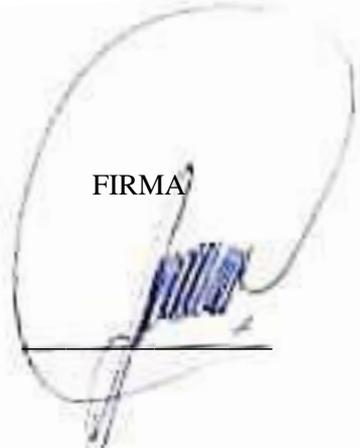


Franklin David Moreta Guamán
CI.1803949690

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA GASIFICADOR TIPO *DOWNDRAFT* DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**, realizado por los señores: **EDWIN DANIEL MOLINA JIMÉNEZ Y FRANKLIN DAVID MORETA GUAMÁN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

	FIRMA	FECHA
		2022-12-22

Ing. Félix Antonio García Mora
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRIULAR

	FECHA
	2022-12-22

Ing. Eugenia Mercedes Naranjo Vargas
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

	FECHA
	2022-12-22

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Integración Curricular lo dedico a mis padres por confiar en mí y apoyarme en cada una de las decisiones que en el camino tomé, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Es para mí gratificante saberme su hijo, les quiero mucho Enrique y Cecilia. A mis hermanos Ronald y Joao por ser el motor de mi vida y no dejarme desmayar ni en mis estudios ni en mi transitar por la vida. A mis primos Alex, Andrés y Adriana que me han apoyado y han sido un sustento de alegría y felicidad. A todas las personas que me han apoyado y me han ayudado, de todo corazón, les dedico este logro en mi vida.

David

Con profundo cariño y admiración a mis padres Pedro Molina y Ayda Jiménez que son mi motor y motivo para ser un hombre de bien y aporte para la sociedad. Para mis inolvidables abuelitos; Mitile, Carmen, César y Cesarin que desde el cielo me cobijan con su bendición y me regalan su eterna sonrisa. Para mis hermanos Ivan y Xavier por su amor, respaldo y apoyo incondicional en todo lugar y momento, son parte importante de este objetivo. También dedico éste logro para mis tías Ipatia y Norma, a mis primas Pame y Dañe por brindarme siempre su ejemplo de tenacidad, trabajo duro y amor incalculable por la esencia de la vida que es la familia entera a quienes extendiendo mi gratitud sin límite.

Para culminar, una mención especial para la más pequeña de la casa, mi sobrina Isabela.

Daniel

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más grande agradecimiento a mi familia por estar siempre guiándome y apoyándome. Del mismo modo a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que me abrió las puertas para poder obtener un logro más en mi vida, a la Facultad de Mecánica y en especial a la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial que a través de sus docentes y autoridades hicieron el camino más ameno ayudándome a crecer como profesional, pero sobre todo como persona. Por último y no menos importante quiero agradecer a mis compañeros que a lo largo de la carrera me han apoyado.

David

Agradecido a mi Dios por brindarme la bendición de vivir, también mi gratitud interminable para mi familia y amigos que son mi respaldo y compañía en cada acierto y caída.

Dirijo mi gratitud sincera para mis maestros y especialmente al Ing. Félix García tutor de tesis por haber compartido de sus conocimientos hasta alcanzar mi grado de profesional. Mi reconocimiento para el Dr. Marco Haro docente, amigo y colega quien me brindó su apoyo y mano amiga desde el día primero que trace éste objetivo de vida en tan prestigiosa universidad, compartiéndome de sus consejos y su apoyo en los altos y bajos que se me presentaron, que con esfuerzo y sacrificio hoy se cristalizan en una hermosa realidad. Mi gratitud interminable para mi gran amigo Darwin Lema, compañero incondicional de estudio y travesías, con quién hoy cumplimos la meta que años atrás llegamos a buscar y que hoy acariciamos con nuestras manos, grítalo con emoción ¡lo logramos!

Daniel

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Planteamiento del problema.....	3
1.3.	Justificación	3
1.4.	Objetivos	4
1.4.1.	<i>Objetivo general</i>	4
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1.	Fundamentos de la resistencia de materiales.....	5
2.1.1.	<i>Estructura</i>	5
2.1.2.	<i>Acción</i>	5
2.1.2.1.	<i>Acciones permanentes</i>	5
2.1.2.2.	<i>Acciones variables</i>	5
2.1.3.	<i>Tensión</i>	5
2.1.4.	<i>Esfuerzo</i>	6
2.1.4.1.	<i>Esfuerzo normal</i>	6
2.1.4.2.	<i>Esfuerzo cortante</i>	6
2.1.5.	<i>Condición de equilibrio</i>	7
2.2.	Momento Flector	7
2.3.	Esbeltez	8
2.4.	Esfuerzo crítico de falla	9

2.5.	Carga axial máxima	9
2.6.	Carga actuante en vigas	10
2.7.	Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-SE-GM	10
2.7.1.	<i>Cimentación</i>	10
2.7.1.1.	<i>Dimensionamiento de las zapatas</i>	10
2.7.1.2.	<i>Proporción de materiales para la cimentación</i>	11
2.7.1.3.	<i>Factores de seguridad por cortes mínimos de la cimentación</i>	11
2.8.	Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG	12
2.8.1.	<i>Definiciones propias de la NEC-SE-CG</i>	12
2.8.1.1.	<i>Cargas permanentes (carga muerta)</i>	12
2.8.1.2.	<i>Carga viva</i>	13
2.8.1.3.	<i>Coeficiente de entorno o altura</i>	13
2.8.1.4.	<i>Coeficiente o factor de forma</i>	13
2.8.1.5.	<i>Velocidad corregida de viento</i>	14
2.8.1.6.	<i>Carga por viento</i>	14
2.8.2.	<i>Combinaciones para el diseño por última resistencia</i>	14
2.9.	Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-AC	15
2.9.1.	<i>Especificaciones de los materiales</i>	15
2.9.2.	<i>Resistencia probable de los materiales</i>	15
2.10.	Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN-2309	17
2.10.1.	<i>Área de aproximación</i>	18
2.11.	Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN-2249	18
2.12.	Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN-2244	18
2.13.	Acero estructural ASTM A36	18
2.14.	Materiales usados para estructuras metálicas	19
2.14.1.	<i>Tubo rectangular</i>	19
2.14.2.	<i>Correa</i>	19
2.14.3.	<i>Techo</i>	20
2.14.4.	<i>Malla electrosoldada</i>	20
2.14.5.	<i>Ángulo</i>	20
2.14.6.	<i>Tubo redondo</i>	21
2.15.	Softwares de diseño	21
2.15.1.	<i>SolidWorks Académico</i>	22
2.15.2.	<i>AutoCad</i>	22
2.15.3.	<i>Revit</i>	23
2.15.4.	<i>Inventor</i>	23
2.15.5.	<i>SketchUp</i>	23

2.16.	Soldadura	24
2.17.	Tipos de soldadura	24
2.17.1.	<i>Soldadura de acuerdo con su aplicación industrial</i>	24
2.17.1.1.	<i>Soldadura para producción</i>	24
2.17.1.2.	<i>Soldadura para mantenimiento</i>	24
2.17.2.	<i>Soldadura homogénea y heterogénea</i>	25
2.18.	Fundentes	25
2.19.	Soldadura por arco con electrodo revestido	25
2.20.	Soldadura TIG	25
2.21.	Electrodos	26
2.21.1.	<i>Clasificación de electrodos según AWS (American Welding Society)</i>	26
2.22.	Tipo de juntas	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	29
3.1.	Localización	29
3.2.	Inspección del lugar	29
3.3.	Inspección de elementos en buen estado	30
3.4.	Toma de medidas	30
3.5.	Diseño	31
3.5.1.	<i>Diseño de la cimentación</i>	31
3.5.2.	<i>Colocación de placas de anclaje</i>	32
3.5.3.	<i>Colocación de columnas</i>	32
3.5.3.1.	<i>Columnas mayores</i>	32
3.5.3.2.	<i>Columnas menores</i>	33
3.5.4.	<i>Colocación de vigas</i>	34
3.5.4.1.	<i>Colocación de vigas mayores</i>	34
3.5.4.2.	<i>Colocación de vigas menores</i>	34
3.5.5.	<i>Diseño del entramado del piso</i>	35
3.5.6.	<i>Croquizado del gasificador</i>	36
3.5.7.	<i>Colocación de ángulos para la malla electrosoldada</i>	36
3.5.8.	<i>Diseño de la malla electrosoldada</i>	38
3.5.9.	<i>Colocación de plancha antideslizante</i>	38
3.5.10.	<i>Diseño de pasamanos superiores</i>	39
3.5.11.	<i>Diseño de la escalera de acceso superior</i>	39
3.5.12.	<i>Diseño del descanso de la escalera</i>	40

3.5.13.	<i>Diseño de la escalera de acceso inferior</i>	41
3.5.14.	<i>Diseño de correas para el techo</i>	42
3.5.15.	<i>Colocación de accesorios del gasificador</i>	42
3.5.16.	<i>Diseño de pasamanos</i>	43
3.5.17.	<i>Colocación del techo y terminado superficial</i>	44
3.6.	Análisis de cargas	44
3.7.	Materiales	45
3.7.1.	<i>Materiales de acero</i>	45
3.7.2.	<i>Materiales para la cimentación</i>	45
3.8.	Cálculo de módulo resistente de vigas y análisis de columnas	45
3.8.1.	<i>Análisis en columnas</i>	46
3.8.2.	<i>Análisis de vigas</i>	51
3.8.2.1.	<i>Viga primaria</i>	51
3.8.2.2.	<i>Viga secundaria</i>	53
3.9.	Cálculo de punto crítico (Descanso)	55
3.10.	Cálculos de la cimentación	57
3.10.1.	<i>Cimentación de la escalera grande</i>	58
3.10.2.	<i>Cimentación de la escalera pequeña</i>	59
3.10.3.	<i>Cálculo de cantidad de materiales para la cimentación</i>	60
3.11.	Simulación de vigas mediante el Software Académico MDSolid	62
3.12.	Simulación de cargas en la estructura	63

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	64
4.1.	Análisis de resultados del diseño	64
4.2.	Análisis de resultados de los cálculos	65
4.3.	Análisis de resultados de la simulación	66

	CONCLUSIONES	67
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	68
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Valores del factor de pandeo K.....	9
Tabla 2-2: Dosificaciones de concreto	11
Tabla 3-2: Factor de seguridad por corte	12
Tabla 4-2: Coeficientes de entorno	13
Tabla 5-2: Coeficiente de factor de forma	14
Tabla 6-2: Factor de fluencia y tensión.....	16
Tabla 7-2: Especificaciones ASTM	17
Tabla 8-2: Esfuerzo de fluencia y resistencia a la tensión	17
Tabla 9-2: Dimensiones generales de los electrodos	26
Tabla 10-2: Valores de la resistencia a la tracción de los electrodos	26
Tabla 11-2: Posiciones en las cuales está el electrodo apto para realizar soldadura.....	27
Tabla 12-2: Tipo de corriente y revestimiento de los electrodos	27
Tabla 1-3: Propiedades estáticas tubo rectangular 100*50mm.....	46
Tabla 2-3: Propiedades estáticas del tubo cuadrado de 40mm*40mm	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Tracción y compresión	6
Figura 2-2:	Esfuerzo y cortante.....	7
Figura 3-2:	Ecuaciones de momento flector	8
Figura 4-2:	Tubo rectangular.....	19
Figura 5-2:	Correa de acero.....	20
Figura 6-2:	Malla electrosoldada.....	20
Figura 7-2:	Ángulo metálico	21
Figura 8-2:	Tubo redondo.....	21
Figura 9-2:	Diseño realizado en Solidworks	22
Figura 10-2:	Diseño de estructura en AutoCad.....	23
Figura 11-2:	Diseño estructural en Revit	23
Figura 12-2:	Tipos de juntas de soldadura	28
Figura 1-3:	Retroexcavadora.....	29
Figura 2-3:	Estructura antigua de madera	30
Figura 3-3:	Diseño de la cimentación	31
Figura 4-3:	Colocación de placas de soporte.....	32
Figura 5-3:	Diseño de columnas mayores	33
Figura 6-3:	Diseño de columnas menores	33
Figura 7-3:	Colocación de vigas mayores	34
Figura 8-3:	Colocación de vigas menores	35
Figura 9-3:	Entramado del piso.....	35
Figura 10-3:	Croquizado del gasificador	36
Figura 11-3:	Colocación del ángulo posterior.....	37
Figura 12-3:	Colocación de ángulo perimetral	37
Figura 13-3:	Colocación de malla electrosoldada.....	38
Figura 14-3:	Colocación de planchas antideslizante.....	38
Figura 15-3:	Colocación de pasamanos	39
Figura 16-3:	Colocación de soportes de la escalera.....	39
Figura 17-3:	Diseño de la escalera de acceso superior	40
Figura 18-3:	Diseño de descanso	40
Figura 19-3:	Colocación de soportes de la escalera pequeña.....	41
Figura 20-3:	Diseño de la escalera de acceso inferior	41
Figura 21-3:	Colocación de correas para el techo.....	42
Figura 22-3:	Colocación de la tapa del gasificador	42

Figura 23-3:	Colocación de partes del gasificador	43
Figura 24-3:	Diseño de pasamanos.....	43
Figura 25-3:	Terminado de la estructura.....	44
Figura 26-3:	Simulación de carga distribuida en la viga mayor	62
Figura 27-3:	Simulación de carga distribuida en la viga menor	62
Figura 28-3:	Simulación de carga última en la estructura	63
Figura 29-3:	Simulación de carga excedida.....	63

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Esfuerzo	6
Ecuación 2-2: Esfuerzo cortante	6
Ecuación 3-2: Esfuerzo y cortante	7
Ecuación 4-2: Condicion de equilibrio	7
Ecuación 5-2: Esbeltez.....	8
Ecuación 6-2: Esfuerzo crítico de falla	9
Ecuación 7-2: Carga axial máxima	9
Ecuación 8-2: Carga actuante en vigas	10
Ecuación 9-2: Dimensiones de la cimentación	10
Ecuación 10-2: Factores de seguridad por cortes mínimos de la cimentación.....	11
Ecuación 11-2: Velocidad corregida de viento.....	14
Ecuación 12-2: Carga por viento.....	14
Ecuación 13-2: Combinaciones para el diseño por última resistencia 1	15
Ecuación 14-2: Combinaciones para el diseño por última resistencia 2	15
Ecuación 15-2: Combinaciones para el diseño por última resistencia 3	15
Ecuación 16-2: Combinaciones para el diseño por última resistencia 4	15
Ecuación 17-2: Combinaciones para el diseño por última resistencia 5	15
Ecuación 18-2: Combinaciones para el diseño por última resistencia 6	15
Ecuación 19-2: Combinaciones para el diseño por última resistencia 7	15
Ecuación 20-2: Esfuerzo de fluencia probable	16
Ecuación 21-2: Resistencia a la fluencia probable.....	16
Ecuación 22-2: Resistencia a la tensión probable	16

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ASTM. American Society for Testing and Materials

INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización

NEC. Norma Ecuatoriana de Construcción

NTE. Norma Técnica Ecuatoriana

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo de integración curricular fue realizar el diseño de una estructura para el gasificador tipo Downdraft de la Facultad de Mecánica, para lo cual se realizó la toma de medidas del lugar en el cual se va a construir, además se calculó esfuerzos y cargas críticas dentro de la estructura diseñada. Se procedió a diseñar desde los cimientos de la estructura para posteriormente colocar las columnas y vigas principales. A continuación, se diseñó la trama del piso para la colocación de plancha antideslizante. Dentro del diseño de la planta superior se incluyó un pasamanos para mayor seguridad del personal, se tomó en cuenta la normativa NTEINEN 2244. Se colocó malla electrosoldada en los alrededores de la estructura con la finalidad de proteger los elementos del gasificador. También se diseñó las escaleras de acceso superior e inferior con parámetros técnicos basados en la norma NTE-INEN 2249. Las puertas de ingreso se diseñaron en base a la norma NTE-INEN 2309. Por último, se diseñó el techo y la cimentación de las escaleras. Se usó para el diseño acero estructural ASTM A36. Para garantizar la seguridad de la estructura diseñada se realizaron cálculos estructurales de esfuerzos y cargas soportadas de los materiales usados. Para realizar el diseño se usó el programa Solidworks académico. A partir de los cálculos realizados se tuvo como resultado un módulo resistente de $20,83\text{cm}^3$ el cual es menor al módulo resistente dado por el fabricante. Se concluye que la estructura diseñada es segura además de cumplir con la finalidad para la cual fue creada. Es fundamental cumplir con lo establecido en el diseño en el momento de la construcción para evitar contratiempos con la estructura.

Palabras clave: <GASIFICADOR>, <CARGAS CRÍTICAS>, <ACERO>, <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>, <CÁLCULO ESTRUCTURAL>.

0188-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The main objective of this curricular integration work was to carry out the design of a structure for the Downdraft type gasifier at Mechanics Faculty. The taking of measurements of the place were made in which it is going to be built. In addition efforts and critical loads were calculated within the designed structure. We proceeded to design from the foundations of the structure to later place the main columns and beams. Next, the floor pattern was designed for the placement of the non-slip plate. Within the design of the upper floor, a handrail was included for greater personnel safety, taking into account the NTE-INEN 2244 standard. Electro-welded mesh was placed around the structure in order to protect the elements of the gasifier. The upper and lower access stairs were also designed with technical parameters based on the NTE-INEN 2249 standard. The entrance doors were designed based on the NTE-INEN 2309 standard. Finally, the roof and foundation of the ladders. ASTM A36 structural steel was used for the design. To guarantee the safety of the designed structure, structural calculations of efforts and loads supported by the materials used were made. The academic Solidworks program was used to carry out the design. From the calculations made, a resistant modulus of 20.83 cm^3 was obtained, which is less than the resistant modulus given by the manufacturer. It is concluded that the designed structure is safe in addition to fulfilling the purpose for which it was created. It is essential to comply with the provisions of the design at the time of construction to avoid setbacks with the structure.

KEYWORDS: <GASIFIER>, <CRITICAL LOADS>, <STEEL>, <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>, <STRUCTURAL CALCULATION>



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema
C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

La estructura puede entenderse como un conglomerado de partes o piezas que al combinarse cumplen una función determinada. Para ello esta debe satisfacer un grado de seguridad y que al mismo tiempo ofrezca un comportamiento óptimo en las condiciones de uso normales (Tupiza, 2014, p.1).

Así mismo (Riddell y Hidalgo, 2018, p.15) en su libro “Diseño estructural” coincide de cierta manera con lo expresado anteriormente al decir que el diseño estructural es el encargado de generar una estructura segura y económica para una finalidad específica.

Es precisamente por tal motivo que se debe realizar un estudio y cálculo para poder determinar los materiales con los que se va a realizar la construcción de las estructuras metálicas. Ya que estas estructuras representan una gran protección tanto para el personal como para el mantenimiento de equipos que vayan a operar dentro de la misma.

Para el diseño de los elementos se debe tomar en consideración cargas axiales flexión corte y torsión. Por otro lado es imprescindible destacar que el diseño no solo se debe centrar en la resistencia de materiales si no que a su vez debe dar un carácter servicial y cumplimiento en el cometido para la cual se haya dispuesto una construcción (Riddell y Hidalgo, 2018, p.15).

Como menciona (Díez, 2021, p.11) en el análisis de una estructura podríamos plantear, en principio que ella será óptima con relación a otra, cuando resuelve el problema de soportar las mismas cargas, salvando las mismas distancias con la menor cantidad de material y la misma seguridad, siendo su costo compatible con el uso y mantenimiento de la obra.

El diseño de una estructura es fundamental ya que nos da una idea clara de lo que se va a construir. Es por eso que existen variedad de programas o software para realizar el diseño y que este sea más sencillo e intuitivo. El software más utilizado por los profesionales como arquitectos e ingenieros civiles es SolidWorks, sin embargo, hay otros programas de otros desarrolladores como es el caso de Revit de Autodesk o el propio AutoCad del mismo desarrollador.

Dentro del diseño estructural es de vital importancia realizar mediciones de cargas y resistencia de los materiales ya que de esta manera se garantiza la viabilidad y seguridad de las construcciones diseñadas. De la misma manera que existen programas para el diseño, hay una variedad de programas para la simulación de cargas.

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Según Gil (2020, p.6), las estructuras metálicas son las que en su gran mayoría los componentes utilizados son de metal, por lo general son de acero. Además de las características de los metales y sus propiedades, tienen como gran ventaja el tiempo de construcción ya que es mucho menor que las construcciones con hormigón ya que en este tipo se debe tomar en cuenta los tiempos de fragua y de secado de este material. Además, es posible alargar la estructura una vez se haya terminado, es decir que, si existiera una estructura de una planta, esta se podría alargar mediante técnicas de soldeo para poder hacer las plantas o anclar otros accesorios a la misma.

Andrés (2021, p.1) resalta que la unión empleada en las estructuras metálicas es de vital importancia ya que esto condiciona mucho el costo, la calidad y la seguridad. Por otro lado, el tipo de unión mostrara la influencia que ejercen unos sobre otros, es por eso que los esfuerzos estarán condicionados en cada elemento de la estructura.

Como menciona Cava (2021, p.18), hoy en día la competencia dentro del mercado del diseño es muy alta es por eso que se requiere ahondar en esfuerzos extras para diseñar los proyectos estructurales ya que así como los clientes exigen altos estándares los arquitectos e ingenieros civiles también lo exigen. Es por esta razón que en el diseño estructural se debe apoyar en la tecnología y usar programas especializados y esto también incluye un cambio dentro de los ingenieros estructurales.

Por otro lado Díaz (2014, p.14), menciona que el diseño estructural es la definición de un sistema o varios elementos que resistan las cargas y pesos a los que esta estructura se vaya a enfrentar además de su propio peso, esto se conoce como carga muerta, así mismo se toman en cuenta las cargas por fenómenos naturales como pueden ser lluvia viento o nieve. Para ello es necesario realizar cálculos y simulaciones en las que se evidencie todo lo antes expuesto con el fin de no sobrepasar límites de desplazamiento resistencia o rigidez de los materiales. De este modo se consigue obtener estructuras resistentes, funcionales, seguras y por encima de todo óptimas para el fin deseado.

1.2. Planteamiento del problema

En la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se encuentra el gasificador tipo *Downdraft* en el cual se evidencia la ausencia de una estructura que otorgue un fácil acceso tanto para el personal que va a operar el equipo como para los técnicos de mantenimiento; de igual forma no existe la estructura adecuada que proteja al equipo de daños provocados por los cambios climáticos recurrentes en la ciudad de Riobamba y así mismo el equipo no trabaja cuando el clima es lluvioso. El contar con una estructura adecuada se hace indispensable para poder operar, dar mantenimiento y proteger a los operarios ante cualquier inclemencia climática, de esta manera se tiene un proceso seguro y fiable dentro del ámbito de operación del equipo. Una estructura que facilite el acceso del personal es necesario para el buen funcionamiento del gasificador tipo *Downdraft*.

1.3. Justificación

El objetivo final del diseño estructural es proveer una estructura segura y económica para satisfacer una necesidad específica. Por seguridad entendemos la capacidad resistente de la estructura para servir sin fallas durante su vida útil. Por cierto, el diseño incorpora consideraciones de orden económico, ya que siempre puede haber soluciones alternativas, y para cada una de ellas un óptimo costo mínimo, al que se procura llegar.

La necesidad puede ser de cualquier índole: vivienda, hospital como infraestructura de transporte, o una planta industrial, entre infinitos ejemplos. En cualquiera de estos casos habrá de realizarse la identificación de todos los elementos necesarios y sus características fundamentales, o etapa de ingeniería conceptual, para realizar una estimación previa de los costos con el objeto de evaluar la justificación económica del proyecto (Riddell y Hidalgo, 2018, p.15).

La garantía del diseño estructural se refiere a que la construcción no presente ningún tipo de daño durante el tiempo de la vida útil de los materiales empleados. Por otra parte, el diseño estructural ayuda a evitar las deformaciones que los materiales puedan tener; así mismo, es de suma importancia para minimizar los gastos no programados dentro de la construcción.

Diez (2021, p.11), menciona que en el análisis de una estructura podríamos plantear, en principio que ella será más apta que otra cuando resuelve el problema de soportar las mismas cargas, salvando las mismas distancias con la menor cantidad de material y la misma seguridad, siendo su costo compatible con el uso y mantenimiento de la obra. La aptitud nace de la buena organización del conjunto de los elementos resistentes estructurales, sus formas y dimensiones,

en función a la tecnología disponible y a la economía de la obra.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Diseñar una estructura metálica para el gasificador tipo *Downdraft* de la Facultad de Mecánica.

1.4.2. *Objetivos específicos*

Realizar el levantamiento de dimensiones del lugar en el que se encuentra ubicado el gasificador tipo *Downdraft*.

Elaborar un diseño estructural bajo la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC para el gasificador tipo *Downdraft*.

Analizar cargas y resistencias de los materiales mediante cálculos y simulación en el Software Académico SolidWorks.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Fundamentos de la resistencia de materiales

La resistencia de materiales y por consiguiente la mecánica de estructuras son consideradas como una parte de la mecánica de sólidos, siendo un resultado de aplicar la teoría de la elasticidad a un tipo limitado de problemas que se plantean en el pasar de los días de la ingeniería estructural posibilitando una resolución analítica.

2.1.1. *Estructura*

Se refiere al armazón resistente de la estructura. Para su clasificación se pueden distinguir en masivas (referentes a represas), diferenciadas principalmente viviendas, tridimensionales y bidimensionales y lineales las cuales son vigas y soportes (Soro, 2018, p.614).

2.1.2. *Acción*

Se define como acción a cualquier causa que permita provocar esfuerzos o tensiones dentro de una estructura (Soro, 2018, p.615).

2.1.2.1. *Acciones permanentes*

Se trata de las acciones que se mantienen constantes en posición y magnitud, un claro ejemplo de esto son las cargas muertas o el propio peso de los materiales (Soro, 2018, p.615).

2.1.2.2. *Acciones variables*

Se refiere a las acciones que pueden o no pueden darse como por ejemplo el viento la lluvia o la nieve (Soro, 2018, p.615).

2.1.3. *Tensión*

Se refiere a la fuerza por unidad de superficie, es decir que en una superficie es la resultante de las fuerzas que actúan en una unidad de superficie (Soro, 2018, p.616).

2.1.4. Esfuerzo

Se usa el término esfuerzo para notar la intensidad de una fuerza que se encuentra en el interior del sólido y que está producida por la acción de cargas externas. Es la relación entre la fuerza aplicada y la superficie en la cual se va a aplicar dicha fuerza. Dentro de estos esfuerzos existen dos tipos, el esfuerzo axial que es el esfuerzo que se aplica de manera perpendicular a la superficie, esta se encuentra representada por la letra del alfabeto griego sigma. Mientras que el esfuerzo tangencial se refiere cuando la aplicación de la fuerza es paralela a la superficie y esta es representada por la letra griega tau (Rosete et al., 2018, p.173).

La ecuación que rige el esfuerzo es:

$$(\sigma \text{ ó } \tau) = \frac{P}{A} \quad (1)$$

2.1.4.1. Esfuerzo normal

Dentro del esfuerzo normal existen dos tipos, es decir que se debe tomar en cuenta la dirección de la fuerza aplicada ya que de eso depende de si es un esfuerzo de tracción o de compresión. Para el tipo de cargas que producen una elongación, es decir que causan un esfuerzo de tracción se considera con signo positivo. Mientras que las cargas de signo negativo se las considera a los esfuerzos de compresión (Rosete et al., 2018, p.174).

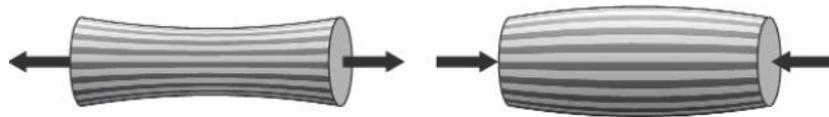


Figura 1-2: Tracción y compresión

Fuente: (Rosete et al., 2018, p.174).

2.1.4.2. Esfuerzo cortante

Es importante fijarse en las uniones atornilladas cuantas superficies se encuentran involucradas para así no caer en errores en el momento de calcular los esfuerzos.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

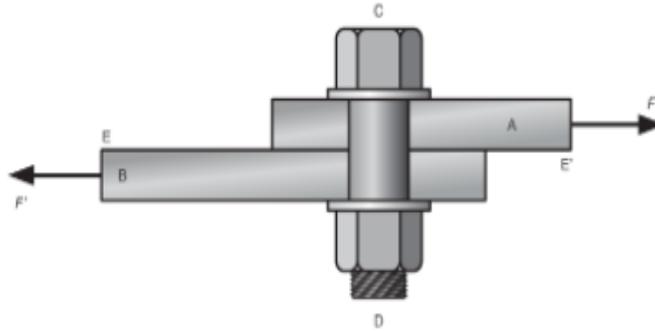


Figura 2-2: Esfuerzo y cortante

Fuente: (Rosete et al., 2018, p.174).

$$\tau = \frac{V}{A} \quad (3)$$

2.1.5. Condición de equilibrio

Se dice que un cuerpo está en equilibrio cuando todos y cada uno de sus puntos se mueven a una velocidad uniforme y se dice que si esta velocidad es igual a cero el cuerpo se encuentra en reposo. Para que un sólido se encuentre en equilibrio se debe cumplir que su resultante de las cargas sea cero al igual que la suma de sus momentos desde cualquier punto del sólido (Rodríguez , 2012, p.95).

$$\begin{aligned} \sum R_x = 0 & ; \sum R_y = 0 & ; \sum R_z = 0 \\ \sum M_x = 0 & ; \sum M_y = 0 & ; \sum M_z = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

2.2. Momento Flector

El momento flector, también conocido como momento de flexión, es aquel momento de fuerza que resulta de la distribución de las tensiones sobre un plano perpendicular al eje longitudinal sobre el cual se genera la flexión o sobre una pieza prismática que se encuentra flexionada.

Este momento es una fuerza normalmente medida en una fuerza x longitud (ej. kNm). Los momentos de flexión ocurren al aplicar una fuerza a una distancia dada de un punto de referencia; provocando una deformación. En los términos más simples, un momento flector es básicamente una fuerza que hace que algo se doble. Si el objeto no está bien sujeto, la fuerza de flexión hará que el objeto gire alrededor de cierto punto.

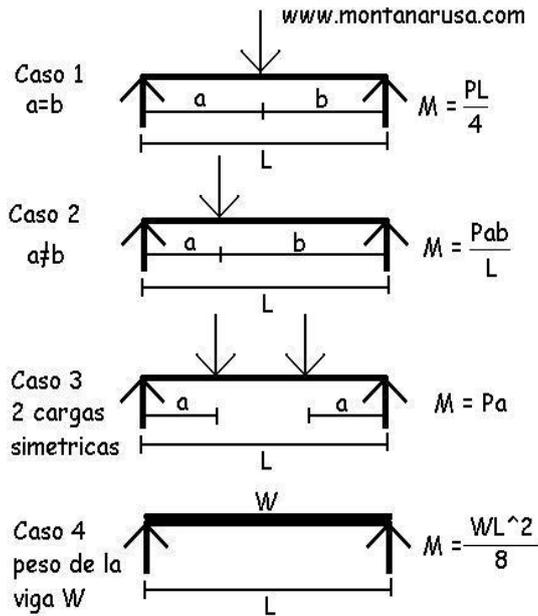


Figura 3-2: Ecuaciones de momento flector

Fuente: (Rosete et al., 2018, p.176).

2.3. Esbeltez

La esbeltez es la relación que existe entre la sección de la barra y su longitud. Generalmente, y en muchos edificios, los pilares de la planta baja poseen mayor longitud por tener más altura estos locales. Por esta razón, los pilares poseen un mayor riesgo de pandeo, tengamos en cuenta que son los más cargados y su esbeltez los vuelve más susceptibles a pandear.

La esbeltez se calcula mediante la fórmula:

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (5)$$

Donde

λ_c : Esbeltez

K: es el valor de del factor de pandeo que existe en las columnas

L: es la longitud de la columna a determinar

r: es el radio de giro dado por las características fijas del fabricante

F_y : Es el valor de esfuerzo de fluencia

E: es el módulo de elasticidad

El valor del factor de pandeo viene dado por la siguiente tabla:

Tabla 1-2: Valores del factor de pandeo K

La forma de pandeo se indica en línea de puntos						
Valores teóricos de K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados de proyecto para condiciones reales	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,0
Condiciones de vínculo	 <ul style="list-style-type: none"> Rotación y traslación impedida Rotación libre y traslación impedida Rotación impedida y traslación libre Rotación y traslación libres 					

Fuente: (Rosete et al., 2018, p.177)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

2.4. Esfuerzo crítico de falla

La carga crítica de pandeo es la máxima carga que un elemento es capaz de soportar conservando su estabilidad. Una vez superado ese valor límite, dicho elemento sufrirá un pandeo a lo largo de su longitud. Se determina mediante la fórmula:

$$f_{cr} = (0,658)^{\lambda_c^2} * F_y \quad (6)$$

2.5. Carga axial máxima

También llamada carga axial o carga crítica de pandeo es considerada la carga axial máxima que se puede aplicar a una columna o pilar sin producir el pandeo de la misma. También llamada carga de pandeo de Euler. Se calcula mediante la fórmula:

$$QA = f_{cr} * A \quad (7)$$

2.6. Carga actuante en vigas

La carga actuante en vigas se calcula mediante el producto de la carga última y el área cooperante de la viga en la cual se está realizando el estudio. Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Q_V = A_c * Q_u \quad (8)$$

2.7. Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-SE-GM

Plantea las actividades de reconocimiento de área, investigación, análisis y recomendaciones de ingeniería que son de vital importancia para el diseño y construcción, cumpliendo con el objetivo de garantizar un comportamiento apropiado de las estructuras, perseverando la vida humana, así como también evitando la afectación o daño a construcciones cercanas.

2.7.1. Cimentación

La función principal de la cimentación o subestructura es la transferencia adecuada al subsuelo de cargas vivas, cargas muertas y cargas sísmicas tanto de la estructura como del subsuelo.

La cimentación debe ubicarse sobre materiales con características geotécnicas para garantizar el idóneo desempeño de la estructura para los asentamientos generados en el subsuelo. Esta se divide en dos tipos la cimentación superficial y la cimentación profunda.

2.7.1.1. Dimensionamiento de las zapatas

La cimentación usada para los diferentes elementos de la estructura es de suma importancia ya que esta soportara el peso de la misma. Para el cálculo de las dimensiones de la cimentación es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$A_z = \frac{P_{columna}}{q_{admisible}} \quad (9)$$

En donde:

A_z : Área de la zapata

$P_{columna}$: Carga de la columna

$q_{admisible}$: Esfuerzo cortante del suelo

A partir del área calculada de la zapata se debe tomar unos valores para el ancho y el largo de la

cimentación para hacerla coincidir con el área calculada, para las construcciones es usual tomar una medida de profundidad de las zapatas de 50 cm para garantizar el soporte de cargas que ejerce la estructura.

2.7.1.2. Proporción de materiales para la cimentación

Existen en el campo de la construcción varias maneras de realizar la dosificación de los materiales usados en el concreto para la colocación de la cimentación. En la tabla 2-2 se muestra las características de cada dosificación en un metro cúbico de mezcla dependiendo del uso para el que sea requerido.

Tabla 2-2: Dosificaciones de concreto

PARA PREPARAR UN METRO CÚBICO DE CONCRETO					
Proporción	Cemento (Kg)	Arena (m ³)	Ripio/Piedra (m ³)	P.S.I.	OBSERVACIONES
1:2:2	420	0,670	0,670	3200	Se utiliza en construcción en concreto armado o reforzado
1:2:3	350	0,550	0,8335	3000	
1:2:4	300	0,475	0,950	2500	Para construcciones en concreto simples sin refuerzo
1:3:3	300	0,715	0,715	2100	
1:3:6	210	0,500	1,000	1500	Concreto de relleno

Fuente: (Rosete et al., 2018, p.178)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

Dentro de la construcción se estima un valor de pérdida del 5% en cada material dentro de la mezcla del concreto, es decir, los valores ubicados en la Tabla 2-2 son ideales sin pérdida de ningún tipo.

En toda mezcla para concreto es indispensable el agua para poder cohesionar los elementos de una mejor manera. El valor de agua por metro cúbico es del 9%, visto de otro modo se usan 0,09 m³ de agua en cada metro cúbico lo que es equivalente a 90 litros.

2.7.1.3. Factores de seguridad por cortes mínimos de la cimentación

En los análisis de estabilidad se define el factor de seguridad por corte como la relación entre esfuerzo cortante último resistente o esfuerzo cortante a la falla y esfuerzo cortante actuante.

$$FS_{corte} = \frac{t_f}{t_A} \quad (10)$$

Dónde

tf: Esfuerzo cortante a la falla

tA: Esfuerzo cortante actuante

En la siguiente tabla se observan los valores mínimos de factor de seguridad por cortes mínimos dentro del apartado de cimentación.

Tabla 3-2: Factor de seguridad por corte

Condición	FS corte mínimo	
	Diseño	Construcción
Carga muerta + carga viva nominal	1,5	1,25
Carga muerta + carga viva máxima	1,25	1,1
Carga muerta + carga viva nominal + sismo de diseño pseudo estático	1,1	1,00
Taludes-condición estática y Agua subterránea normal	1,5	1,25
Taludes condición pseudo estática con agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	1,05	1,00

Fuente: (Rosete et al., 2018, p.178)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

2.8. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG

La norma NEC trata de las cargas permanentes (principalmente debidas al peso propio), de las cargas variables (cargas vivas y cargas climáticas) y de sus posibles combinaciones.

2.8.1. Definiciones propias de la NEC-SE-CG

A continuación, se detalla las principales definiciones que enmarca la norma NEC-SE-CG, considerando que serán empleadas en el diseño estructural para la protección del gasificador tipo *Downdraft*.

2.8.1.1. Cargas permanentes (carga muerta)

Las cargas permanentes o cargas muertas se constituyen por los pesos de todos los elementos estructurales que intervienen en permanencia sobre la estructura. Algunos ejemplos de cargas muertas son muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas.

2.8.1.2. Carga viva

La carga viva depende de la ocupación a la que está destinada la estructura y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios en general. En esta carga no están consideradas cargas ambientales, tales como sismo, viento, ni la carga muerta, para el cálculo de estas se deben considerar las máximas cargas que se espera ocurran en la edificación.

2.8.1.3. Coeficiente de entorno o altura

Este coeficiente es un factor de corrección que tiene en cuenta el grado de la exposición al viento de la estructura en estudio. El coeficiente de entorno se muestra para las diferentes superficies topográficas.

Tabla 4-2: Coeficientes de entorno

Altura (m)	Sin Obstrucción Categoría A	Obstrucción baja Categoría B	Zona edificada Categoría C
5	0,91	0,86	0,80
10	1,0	0,90	0,80
20	1,06	0,97	0,88
40	1,14	1,03	0,96
80	1,21	1,14	1,06
150	1,28	1,22	1,15

Fuente: (NEC-SE-CG, 2014, p.15)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

2.8.1.4. Coeficiente o factor de forma

El coeficiente de forma es un factor de corrección que tiene en cuenta la situación del elemento dentro de la fachada de la estructura. Las estructuras estipuladas dentro de la norma son en términos generales: Superficie verticales, anuncios, tanques y superficies inclinadas con diferentes valores que oscilan entre los 15° y los 60° medidos todos desde la vertical de la construcción.

Los valores positivos en la Tabla 5-2 hacen referencia a una fuerza de empuje que se representa en la columna de Barlovento, mientras que los valores negativos son de una fuerza de succión representada en la columna de Sotavento dentro de la estructura que se va a construir.

Tabla 5-2: Coeficiente de factor de forma

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0,8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,00	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3 a 0	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,3 a +0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6

Fuente: (NEC-SE-CG, 2014, p.16)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

2.8.1.5. *Velocidad corregida de viento*

La velocidad corregida de viento es un valor característico de la velocidad media del viento a lo largo de un periodo de 10 minutos, medida en una zona plana a 10 metros de altura sobre el suelo. La ecuación que rige la velocidad corregida del viento es la siguiente.

$$V_b = V * \sigma \quad (11)$$

2.8.1.6. *Carga por viento*

Se considera que la acción del viento actúa como presión sobre los elementos de fachada. Para determinar la resistencia del elemento frente al empuje del viento, se establece una presión de cálculo W , cuyo valor se determinará mediante la siguiente expresión:

$$W = \frac{1}{2} \rho * V_b^2 * \sigma * C_f \quad (12)$$

2.8.2. *Combinaciones para el diseño por última resistencia*

Las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo a las combinaciones dadas por la norma NEC dentro del apartado de cargas no sísmicas se evidencia:

$$1,4D \quad (13)$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5(L, S, R) \quad (14)$$

$$1,2D + 1,6(L, S, R) + 0,5W \quad (15)$$

$$1,2D + 1,0W + L + 0,5(L, S, R) \quad (16)$$

$$1,2D + 1,0E + L + 0,2S \quad (17)$$

$$0,9D + 1,0W \quad (18)$$

$$0,9D + 1,0E \quad (19)$$

2.9. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-AC

Da respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez, proteger al usuario y fomentar un desarrollo estructural sostenible.

2.9.1. Especificaciones de los materiales

El esfuerzo de fluencia mínimo que debe tener el acero usado en los miembros estructurales no excederá los 345 MPa. Esta limitación no se aplica en las columnas en las que su único comportamiento inelástico esperado es la fluencia en la base. Los materiales usados dentro de la construcción metálica deben cumplir con las siguientes especificaciones ASTM: A36/A36 M, A53/A53 M (Grado B), A500 (Grado B o C), A501, A572/A572M [Grado 50 (345)], A588/A588M, A992/A992M (NEC-SE-AC, 2014, p.23).

2.9.2. Resistencia probable de los materiales

Dentro de la metodología de diseño por capacidad se requiere saber de forma realística la resistencia que deben tener los miembros estructurales. De este modo se toma en cuenta los conceptos de esfuerzo de fluencia probable, resistencia a la fluencia probable y la resistencia a la tensión probable.

El esfuerzo de fluencia probable se determina como $R_y F_y$ en donde F_y es el mínimo esfuerzo de

fluencia especificado del acero y R_y es la relación entre el esfuerzo de fluencia probable y el mínimo esfuerzo de fluencia.

De esta manera queda la siguiente ecuación:

$$F_{yp} = R_y F_y \quad (20)$$

Por otro lado, la resistencia a la fluencia probable se debe determinar a partir del esfuerzo de fluencia probable F_{yp} multiplicado por el área de la sección transversal A_g . De este modo la ecuación resultante es la siguiente:

$$R_{fp} = F_{yp} A_g \quad (21)$$

La resistencia a la tensión probable R_{tp} se debe determinar como $R_t F_u$, donde la resistencia mínima a la tensión del acero se representa como F_u , mientras que R_t es el factor de resistencia a la tensión probable. Es así que la ecuación resultante es la siguiente:

$$R_{tp} = R_t F_u \quad (22)$$

Para los valores de R_y y R_t la American Society of Testing Materials (ASTM) proporcionan valores definidos. En la tabla se evidencian los valores dependiendo de la especificación ASTM.

Tabla 6-2: Factor de fluencia y tensión

Especificación ASTM	Factor de fluencia R_y	Factor de tensión probable R_t
ASTM A36	1,3	1,15
ASTM A572 Gr. 50	1,1	1,25
ASTM A588 Gr. 50	1,15	1,15

Fuente: (NEC-SE-AC 2014, p.25)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

La ASTM ofrece especificaciones para los diferentes tipos de acero disponibles en el mercado con un mínimo, máximo y una media de las características que debe tener cada material.

Las características contempladas en la Tabla 7-2 referentes a las calidades de los aceros de ASTM son el esfuerzo de fluencia, la resistencia a la tensión, y el cociente entre estas dos características expresadas en porcentaje para una mejor simplificación.

Tabla 7-2: Especificaciones ASTM

Especificación ASTM		Mínimo (ksi)	Media (ksi)	Máximo (ksi)
ASTM A36	Esfuerzo de fluencia	36,00	47,12	63,00
	Resistencia a la tensión	51,00	64,76	84,00
	F_y/F_u %	56,00	73,00	98,00
ASTM A572 Gr 50	Esfuerzo de fluencia	49,00	55,36	70,00
	Resistencia a la tensión	67,00	82,26	94,00
	F_y/F_u %	59,00	67,00	82,00
ASTM A588 Gr 50	Esfuerzo de fluencia	50,00	58,38	73,00
	Resistencia a la tensión	71,00	81,26	90,00
	F_y/F_u %	62,00	72,00	887,00

Fuente: (NEC-SE-AC 2014)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

Tabla 8-2: Esfuerzo de fluencia y resistencia a la tensión

Especificación ASTM	Esfuerzo de fluencia (F_y) (ksi)	Resistencia a la tensión (F_y) (ksi)
ASTM A36	36	58-80
ASTM A572 Gr 50	50	65
ASTM A588 Gr 50	50	70

Fuente: (NEC-SE-AC 2014, p.26)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

2.10. Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN-2309

La norma NTE INEN2309 trata sobre la accesibilidad de las personas al medio físico más específicamente a las puertas, es decir a las características de las puertas para poder tener un paso o un acceso adecuado sin tener inconvenientes tanto de seguridad, así como de ergonomía. Para el acceso de manera correcta a las instalaciones a las cuales se requiere acceder las puertas deben tener un ancho mínimo de 9000 mm mientras que la altura mínima debe ser de 2050 mm (NTE INEN 2309, 2018, p.1).

2.10.1. Área de aproximación

Dentro del apartado de aproximación se tiene unas dimensiones de 1500 mm de ancho, así como 1500 mm de largo o de profundidad. Todas estas medidas incluyen el barrido de la puerta y no debe tener obstáculos en el recorrido de la puerta (NTE INEN 2309, 2018, p.3).

2.11. Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN-2249

Esta norma ecuatoriana hace referencia a las circulaciones verticales es decir a las escaleras. Esta norma establece los requisitos del diseño y construcción de las escaleras, de la huella, contrahuella y ancho de paso para transitar por estas construcciones. Las dimensiones para huella y contrahuella especificadas en esta norma son: de 280 mm para la huella y 180 mm para la contrahuella (NTE INEN 2249, 2016, p.1).

2.12. Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN-2244

Acorde a la norma los pasamanos deben tener una altura con un rango entre 850 y 950 milímetros, mientras que, para pasamanos en pendiente, en escaleras debe estar considerado un pasamano intermedio que debe estar comprendido a una altura entre 600 y 750 milímetros.

2.13. Acero estructural ASTM A36

Acero al carbono estructural conocido como hierro negro, de calidad estructural para el uso en puentes y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas. Dentro de las propiedades mecánicas se tiene las siguientes especificaciones dadas por los fabricantes cumpliendo con la normativa ASTM.

- Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 MPa (36300 PSI)
- Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI)
- Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%
- Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

Por otro lado, se tiene las propiedades químicas del acero estructural ASTM A36, teniendo varios componentes, como Carbono, Manganeso, Silicio, Fósforo y Azufre; en unas cantidades en porcentaje expresadas a continuación:

- 0,25 – 0,29 % C
- 0,60 – 1,20 % Mn
- 0,15 – 0,40 % Si
- 0,04 % P máx.
- 0,05 % S máx.

2.14. Materiales usados para estructuras metálicas

Para realizar la construcción de estructuras metálicas y de cualquier tipo se debe tomar en cuenta los diferentes materiales tomando en cuenta todas las características que tienen cada uno de los materiales, es decir propiedades físicas y químicas, a su vez se debe considerar el uso que se le va a dar a dichos materiales puesto que no todas tendrán el mismo soporte a las condiciones ambientales y de soporte.

2.14.1. *Tubo rectangular*

Se trata de un tubo que tiene una costura de acero al carbono que principalmente se usa con fines estructurales. Frecuentemente se emplea para la construcción de galpones o estructuras de protección de maquinaria industrial dentro de las empresas. Aunque se puede usar en otros ámbitos como maquinaria industrial o maquinaria para gimnasios (NOVACERO, 2022, p.14).



Figura 4-2: Tubo rectangular

Fuente: (DIPAC, 2022, p.23)

2.14.2. *Correa*

Se trata de un perfil de acero negro que al igual que los tubos rectangulares se usa para fines estructurales y de igual modo se usa en cerramientos, galpones, coliseos, etc. Las dimensiones del espesor varían entre 1,2 a 3mm y variaran sus características a la par que varían sus dimensiones,

esto será considerado por el comerciante y el proveedor, de acuerdo a la necesidad requerida (DIPAC, 2022, p.3).



Figura 5-2: Correa de acero

Fuente: (NOVACERO, 2022, p.15)

2.14.3. Techo

El techo más utilizado en la industria metalmeccánica es el Galvalume por sus características ya que es liviano además de que tiene una alta resistencia a la corrosión, lo que lo hace útil en un tiempo prolongado y son de fácil montaje (DIPAC, 2022, p.32).

2.14.4. Malla electrosoldada

Se trata de paneles hechos con varillas trefiladas corrugadas que se disponen perpendiculares entre sí. Las dimensiones de esta malla es de $15m^2$ y con aberturas desde los $10cm^2$ (NOVACERO, 2022, p.6).



Figura 6-2: Malla electrosoldada

Fuente: (NOVACERO, 2022, p.6).

2.14.5. Ángulo

Es un material fabricado en forma de ele de acero negro con espesores desde los 2mm a los 12mm.

La longitud nominal es de 6m con tolerancia. Principalmente el uso de este tipo de material se centra en la construcción y acabados de las estructuras metálicas (DIPAC, 2022, p.9).



Figura 7-2: Ángulo metálico

Fuente: (DIPAC, 2022, p.9)

2.14.6. Tubo redondo

También conocido como tubo mecánico, tubo estructural o tubo de cedula, es ideal para solucionar proyectos industriales. Es un tubo redondo de acero negro con dimensiones que van desde $\frac{7}{8}$ " hasta 3" con espesores que varían desde 1,5 mm hasta 3mm (DIPAC, 2022, p.59).



Figura 8-2: Tubo redondo

Fuente: (DIPAC, 2022, p.59)

2.15. Softwares de diseño

Los programas de diseño permiten esquematizar y simular las estructuras con las respectivas cargas y restricciones y de esta manera tener claros las características que va a tener el diseño para implementarlo de manera correcta y sin complicaciones en el momento de su construcción.

Ayudando a los ingenieros y diseñadores a visualizar y analizar el diseño antes de obtener el

prototipo físico. El análisis dentro de estos programas es indispensable para conocer la viabilidad del proyecto. Es empleado más en sectores industriales como talleres de mecanizados, la manufactura, arquitectura, etc.

2.15.1. SolidWorks Académico

El software SolidWorks es un programa para diseño mecánico que permite coquizar las ideas de los usuarios. Por otro lado también permite ser detallista en los diseños y proyectos que se realizan en el mencionado software (DASAULT SYSTEMES 2016, p.9).



Figura 9-2: Diseño realizado en Solidworks

Fuente: (Lombard, 2018, p.198)

Con el software SolidWorks se puede construir partes y piezas en 3D mediante un boceto o croquis en 2D mediante operaciones como por ejemplo extrusión, revolución, cortes y demás. Se puede realizar ensambles de las diferentes piezas para hacer un cuerpo sólido y con movimiento. Además nos permite visualizar las vistas de las piezas o ensambles (Lombard, 2018, p.198).

2.15.2. AutoCad

El software AutoCad es uno de los más populares en el círculo de las ingenierías y el diseño civil y arquitectónico. Los principales usos que se tiene en este programa es el dibujo de planos técnicos, además se puede transcribir o copiar planos realizados a mano, se puede exportar los diferentes planos a otros programas de modelado en 3D.

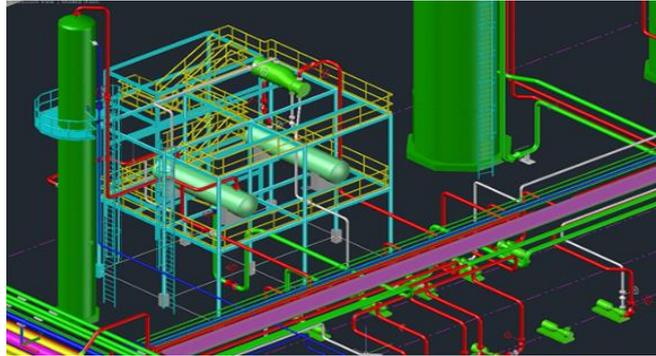


Figura 10-2: Diseño de estructura en AutoCad

Fuente: (Lombard, 2018, p.314)

2.15.3. *Revit*

Revit es un software basado en BIM (modelado de información de construcción) en el cual se puede trabajar en 2D además de que tiene una interfaz sencilla y fácil de usar para realizar el modelado en 3D. Es por eso que es muy utilizado en diseños arquitectónicos y de ingeniería civil (Wing, 2020, p.882).

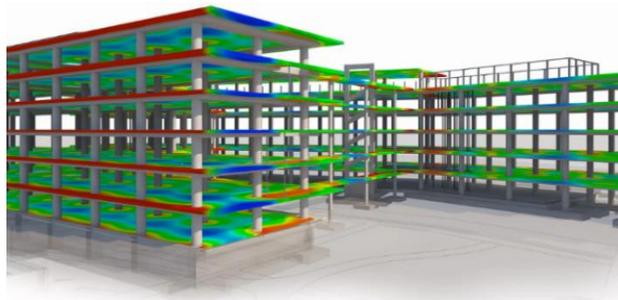


Figura 11-2: Diseño estructural en Revit

Fuente: (Wing, 2020. p.882)

2.15.4. *Inventor*

Inventor es un software desarrollado por Auto Desk, así como también lo es Auto Cad, es un programa que sirve para realizar el modelado. En este programa se incluye herramientas de diseño así como herramientas de simulación para poder obtener visualizaciones más realísticas de lo que se va a construir (Granados, 2019, p.1).

2.15.5. *SketchUp*

SketchUp es un software desarrollado por Trimble, es un programa que sirve para el modelado de estructuras y construcciones en el ámbito de ingeniería civil y de la arquitectura además de

videojuegos y películas. Por otro lado, se ha demostrado de manera científica que el uso de este programa aumenta la percepción espacial en el individuo (Calle, 2014, p.3).

Al tener una interfaz más realística es más fácil para el usuario tener una percepción del espacio en el cual se va a realizar los diseños de las estructuras o demás construcciones. Es un software muy usado dentro de la industria de la construcción.

2.16. Soldadura

La soldadura es la junta de dos o más piezas mediante los procedimientos de calentamiento de las partes a unir o la aplicación de presión para el mismo fin (Nieto, 2012, p.28).

El procedimiento de soldadura por cualquier método es importante ya que sirve para poder realizar construcciones con características de resistencia para los diferentes procesos industriales en las diferentes empresas alrededor del mundo.

2.17. Tipos de soldadura

La soldadura se puede clasificar de diferentes maneras según el concepto a analizar de cada una de ellas. Es así como se tiene la soldadura de acuerdo con su aplicación industrial y la soldadura homogénea y heterogénea.

2.17.1. Soldadura de acuerdo con su aplicación industrial

Para la soldadura de tipo industrial tenemos algunos conceptos que se aplican en los diferentes procesos de construcción con estructura metálica, además también se usa para procesos industriales.

2.17.1.1. Soldadura para producción.

Se refiere a la soldadura de unión de dos materiales usualmente elaboradas mediante fundición y aprovechando que se puede utilizar material de relleno, y conseguir un baño de material fundido que al enfriarse se convierte en una unión fija.

2.17.1.2. Soldadura para mantenimiento

Se refiere a la soldadura de reparación y de conservación, porque genera soluciones prácticas,

rápidas y de bajo costo, permitiendo la habilitación de los elementos en avería evitando así pérdidas mayores de producción y además ofrece un tiempo extra para la planificación de mantenimiento.

2.17.2. Soldadura homogénea y heterogénea

Se dice que se tiene una soldadura homogénea si el material de aporte en la soldadura tiene características similares a las de las piezas a unir. Mientras que por otro lado se dice que una soldadura es heterogénea si el material de aporte tiene características diferentes. En el caso de no usar material de aporte la soldadura será puramente homogénea.

2.18. Fundentes

Para que la soldadura sea más limpia, es decir, que no tenga impurezas ni restos de óxido en los cordones es necesario usar un material que limite la aparición de estos residuos. De este modo se usan sustancias como son la cal o el ácido sulfúrico. Las funciones que tienen estos fundentes es la de destruir las capas de óxido superficiales que se crean en los cordones, eliminar las impurezas y favorecer la unión de los materiales (Nieto, 2012, p.33).

El estado en el que se utilizan los fundentes es diferente acorde al proceso de soldadura que se utilice. De este modo se puede encontrar fundentes en polvo, líquidos, pasta y en forma granular.

2.19. Soldadura por arco con electrodo revestido

La soldadura por arco con electrodo revestido se basa en realizar un cortocircuito mediante el porta electrodos, un generador de corriente, el metal base y la masa. La corriente al aplicarse el efecto Joule hace que el material base se caliente, la temperatura alcanzada dentro de este proceso ronda los 5000°C, en ese momento el material base y la punta del electrodo se funden y se unen. Después al soldador mover el electrodo a otra parte del material base, los materiales fundidos se solidifican dando paso a lo que conocemos como cordón de soldadura. Este tipo de soldadura es uno de los más usados dentro de la industria.

2.20. Soldadura TIG

Este proceso de soldadura utiliza un gas inerte llamado tungsteno para poder proteger la soldadura del oxígeno. Se llama popularmente la versión eléctrica de la soldadura autógena. El proceso se completa igualmente con un cortocircuito eléctrico, pero en este caso la temperatura alcanzada

sirve para derretir el metal base, sin embargo, si se requiere adicionar un metal de aportación se hará de forma externa mediante una varilla que al someterse al calor esta se derretirá y servirá como material de aporte.

2.21. Electrodo

Las características físicas de los electrodos son variadas dependiendo de los fabricantes teniendo en cuenta la longitud y el diámetro de cada electrodo. Los más generales se representan en la Tabla 8-2 se evidencian los diámetros y longitudes más comunes dentro del ámbito industrial (Pina, 2019, p.47).

Tabla 9-2: Dimensiones generales de los electrodos

Diámetro (mm)								
	1,00	1,50	2,00	2,50	3,25	4,00	5,00	6,00
Longitud (mm)	150	150-200	250-350	350	350-450	350-450	450-500	500-600

Fuente: (Pina 2019, p.78)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

2.21.1. Clasificación de electrodos según AWS (American Welding Society)

En la norma AWS se usa la letra E para definir que es un electrodo que se utiliza para aceros al carbono y de baja aleación. Seguido de la letra especifica van 2 dígitos que indican la resistencia a la tracción que presenta el electrodo, el tercer número representa la posición de soldadura en la cual se usa el electrodo y el ultimo digito representa el tipo de revestimiento (Pina, 2019, p.102).

Los dos o tres primeros dígitos representan la resistencia a la tracción que pueden soportar.

Tabla 10-2: Valores de la resistencia a la tracción de los electrodos

Símbolo	Resistencia a la tracción		Limite elástico psi	Alargamiento mínimo en 2” %
	Psi	Kg/cm ²		
60	62000	4340	50000	22
70	72000	5040	60000	22
80	80000	5600	67000	19
90	90000	6300	77000	17
100	100000	7000	87000	16
110	110000	7700	97000	15

Fuente: (Pina, 2019, p.102)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

El siguiente dígito representa las posiciones en las cuales se puede soldar.

Tabla 11-2: Posiciones en las cuales está el electrodo apto para realizar soldadura

Dígito	Posición
1	Todas las posiciones exceptuando vertical descendente
2	Bajo mano y cornisa
3	Todas las posiciones incluyendo vertical descendente

Fuente: (Pina, 2019, p.103)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

El último dígito representa el revestimiento y las especificaciones de corriente.

Tabla 12-2: Tipo de corriente y revestimiento de los electrodos

Dígito	Revestimiento	Corriente y tipo de polaridad
0	Celulosa-sodio	c.c. (+)
1	Celulosa-potasio	Específico para c.a. Puede emplearse con c.c. (+)
2	Titanio-sodio	c.a., c.c. (+)
3	Titanio-potasio	c.a., c.c. (-)
4	Polvo de hierro-titanio	c.a., c.c.
5	Bajo hidrógeno-sodio	c.c. (-)
6	Bajo hidrógeno-potasio	c.a., c.c. (-)
7	Polvo de hierro-óxido de hierro	c.a., c.c. (-)
8	Polvo de hierro-bajo hidrógeno	c.a., c.c. (-)

Fuente: (Pina, 2019, p.104)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

2.22. Tipo de juntas

Existen diferentes procesos de soldadura los cuales estarán dentro de las tres técnicas básicas, posiciones en las cuales se pueden aplicar la soldadura en junta de ranura, unión a filete y con tubo. La unión o junta de piezas para la soldadura se refiere a la manera en la cual se van a ubicar las piezas en el momento en el cual se va a realizar la soldadura por cualquier método. Con estas especificaciones tenemos varios tipos de juntas:

- Unión a tope
- Unión a escuadra
- Unión de canto

- Unión de traslape
- Unión en T

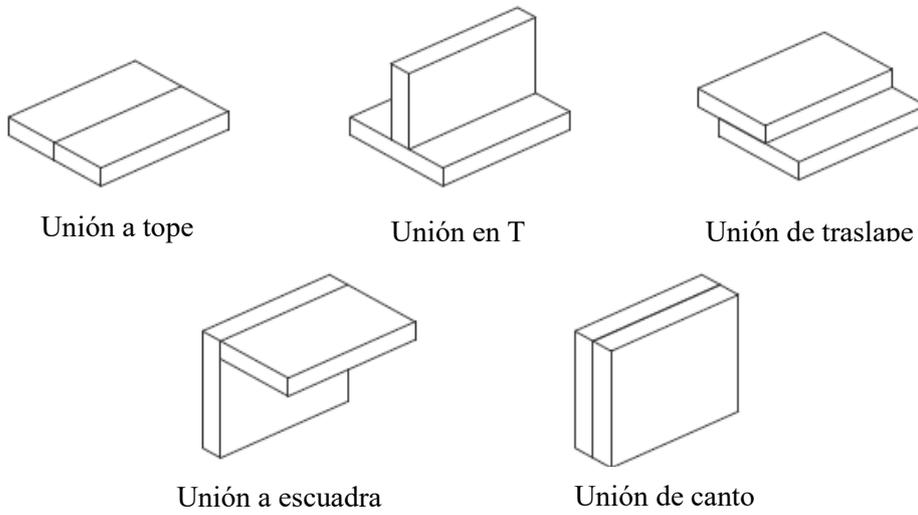


Figura 12-2: Tipos de juntas de soldadura

Fuente: (Arriaga et al., 2010, p.18)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización

El diseño de la estructura metálica del Gasificador tipo *Downdraft* se lo realizará en la provincia de Chimborazo cantón Riobamba. El espacio impuesto en el cual se debe realizar la construcción del diseño es en la Facultad de Mecánica de la ESPOCH junto al horno.

El terreno alrededor del espacio asignado se encuentra con abundante vegetación y rocas, el lugar se encuentra con exceso de desechos tanto orgánicos como inorgánicos, es necesario realizar un análisis inicial para poder considerar las respectivas medidas para la adecuación del lugar.

3.2. Inspección del lugar

Se procederá a la inspección del lugar en el cual se trabajará ya que así se tendrá una noción más acertada a la hora de generar ideas para el diseño de la estructura.

Se usará una retroexcavadora para retirar los desechos alrededor del lugar en el cual se va a trabajar. Así mismo y con el mismo vehículo se procederá a derribar uno de los muros que están contruidos.



Figura 1-3: Retroexcavadora

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

Por otro lado, al tener la estructura que se encontraba ya construida la cual constaba en su mayoría

de madera, se procederá al desmontaje en su totalidad, haciendo uso de herramientas manuales y mecánicas.



Figura 2-3: Estructura antigua de madera

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

Se realizará una inspección visual para determinar el desgaste que tenga la antigua estructura, y se procederá a seleccionar el nuevo material con el que se va a trabajar, y así evitar daños que presentaba la estructura de madera.

3.3. Inspección de elementos en buen estado

A continuación, se valorará el estado que presentaba los elementos ya construidos en el lugar de esta manera se realizará una mejora dentro de la estructura del gasificador, y aprovechar estos recursos durante el proceso de diseño como apoyo tanto económico, como intelectual.

3.4. Toma de medidas

Después de valorar los elementos que sirven de alguna u otra manera para el diseño y la construcción, se procederá a tomar medidas en el gasificador tanto en la ubicación de los diferentes activos.

Para cumplir con las necesidades de acceso al gasificador se tomará en cuenta una medida de la altura de 2,6 metros para el piso de acceso al caldero. Todas estas medidas se tomarán de forma general para el diseño de la estructura. Con los diferentes cambios y recomendaciones del personal de operación, se decidirá realizar el acceso a la parte interna del gasificador, es decir, al tablero de control, termocuplas, sopladores y demás componentes situados en la parte frontal que tiene

como referencia los talleres de fundición, a estos se accederá mediante escaleras y una puerta. Mientras que para el acceso al caldero se realizara una escalera por la parte posterior de la estructura para poder alimentar al gasificador de manera manual y ahorrar tiempo en la producción.

3.5. Diseño

A partir de las medidas que se tomaran en el lugar en el que se va a realizar la construcción se procederá a realizar el diseño tomando en cuenta las ubicaciones de los elementos del gasificador. Se procederá a dibujar las vigas, columnas y demás elementos de manera individual, utilizando el Software académico Inventor de AutoDesk, mediante las herramientas y funciones que se incluyen. Con los elementos ya dibujados, se realizará los distintos ensambles de cada uno de los sistemas para poder obtener la estructura con todos los detalles ya elaborados.

Por último, se realizará un diseño que sirva como guía para partir y ubicar cada uno de los sistemas y elementos del gasificador, para obtener una visión más exacta de las vistas de la estructura.

3.5.1. Diseño de la cimentación

Para este apartado es necesario una construcción rectangular de concreto con dimensiones de 4,45m de ancho por 3,63m de largo, mientras que la profundidad es de 1,5 m para que esta cimentación tenga una firmeza apta para el esfuerzo que ejercerá la estructura. Esta cimentación se encontraba ya construida en el momento de la inspección del lugar.

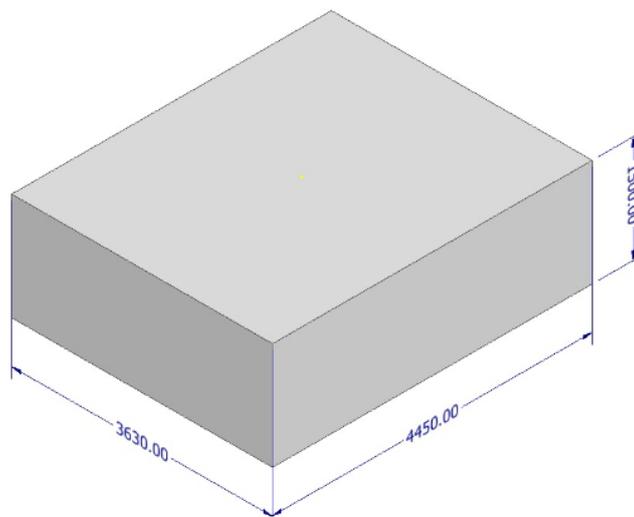


Figura 3-3: Diseño de la cimentación

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.2. Colocación de placas de anclaje

Para una fijación en los elementos de la estructura es fundamental tener apoyos fijos, por tal razón se procederá a diseñar y colocar unas placas de acero estructural con dimensiones de 40cm*27cm y un espesor de 1 centímetro en las cuatro esquinas de la cimentación de concreto, estas con la finalidad de generar un mayor soporte en los elementos que este tenga que soportar. El material usado para estas placas es el acero estructural ASTM A36.

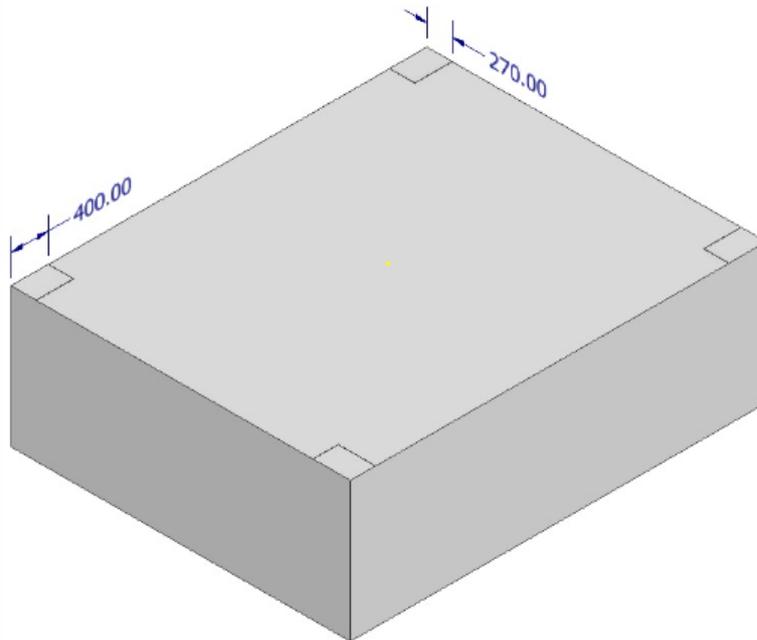


Figura 4-3: Colocación de placas de soporte

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.3. Colocación de columnas

Se diseñarán y colocarán las columnas de la estructura en los cuatro vértices de la cimentación, las mismas que irán situadas en las placas referenciales o bases que soportaran el peso de las cargas ejercidas por los elementos que conforman el diseño estructural, considerando los datos y características de los elementos a soportar.

3.5.3.1. Columnas mayores

Las columnas de mayor longitud tienen una medida de 5000mm, las cuales están en la parte posterior del gasificador, las mismas que ayudaran a que exista una declinación del techo para cuando ocurran fenómenos ambientales como lluvia, evitando daños en el gasificador y sus componentes. Las columnas estarán diseñadas con tubo rectangular con dimensiones de

100mm*50mm y un espesor de 3mm. El material usado es el acero estructural ASTM A36.

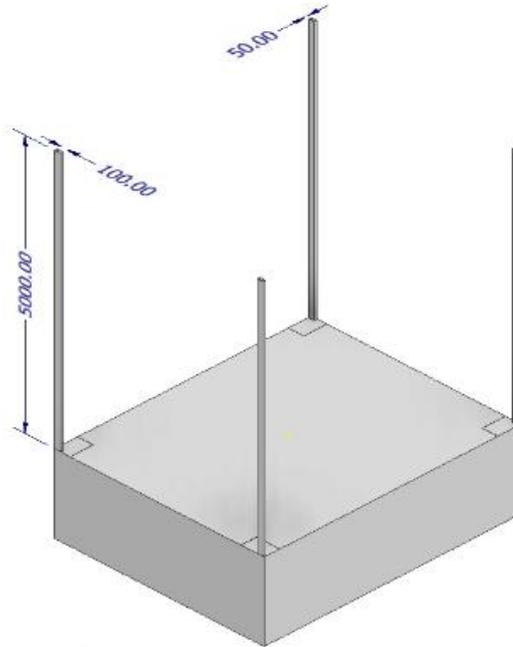


Figura 5-3: Diseño de columnas mayores

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.3.2. Columnas menores

Las columnas menores cuentan con una longitud de 4600mm. El material considerado para la estructura será un acero estructural ASTM A36. Estas serán diseñadas con un tubo rectangular de dimensiones 100mm*50mm con un espesor de 3mm al igual que las columnas mayores.

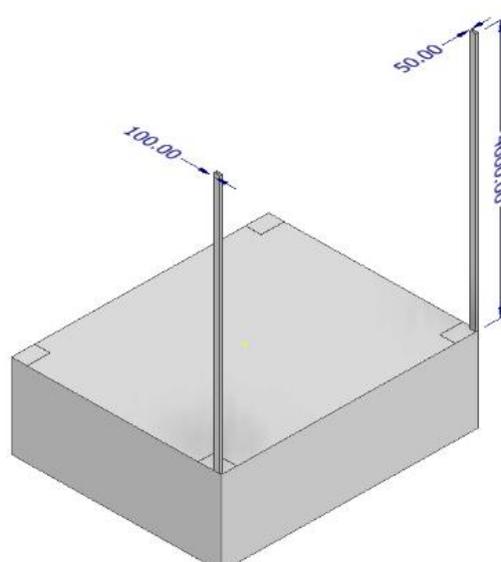


Figura 6-3: Diseño de columnas menores

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.4. Colocación de vigas

Las vigas serán los principales componentes que conformara el segundo piso, estas serán las encargadas de soportar las cargas ejercidas por los demás elementos que se vaya a implementar, a su vez serán de soporte para los equipos que se adicione y personal de operación del gasificador.

3.5.4.1. Colocación de vigas mayores

Para que la estructura tenga una mayor estabilidad, se realizara la incorporación de las vigas mayores con el mismo material empleado en las columnas. Estas tendrán una longitud de 4350mm ya que estas irán entre las columnas menores y mayores haciendo de soporte principal al segundo piso. El tubo rectangular de igual modo es de 100mm*50mm y el espesor será el mismo que el de las columnas, es decir 3mm.

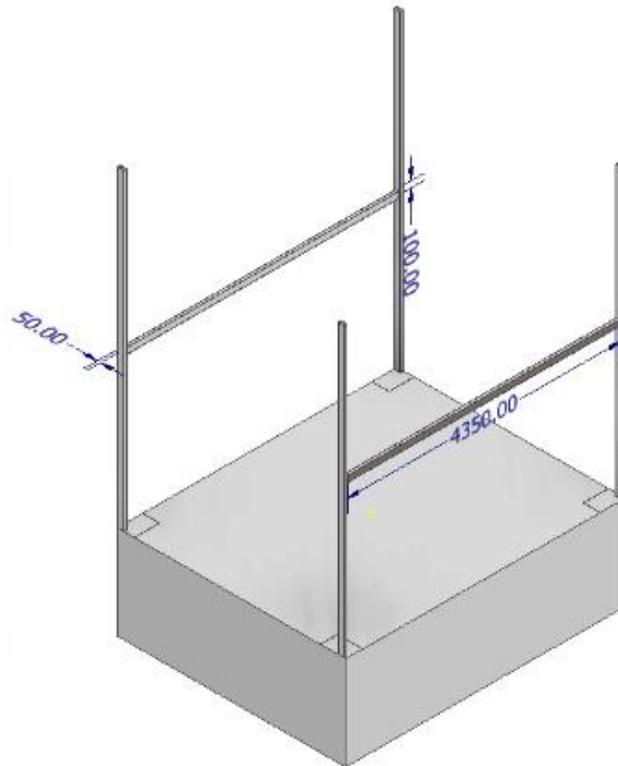


Figura 7-3: Colocación de vigas mayores

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.4.2. Colocación de vigas menores

Se colocará vigas menores entre las columnas mayores y menores, servirán para hacer la distribución estructural del segundo piso, estas vigas menores tendrán una longitud de 3430mm. Serán construidas con tubo rectangular de dimensiones 100mm*50mm y un espesor de 3mm. El

material usado será el acero estructural ASTM A36 como en los demás elementos de la estructura.

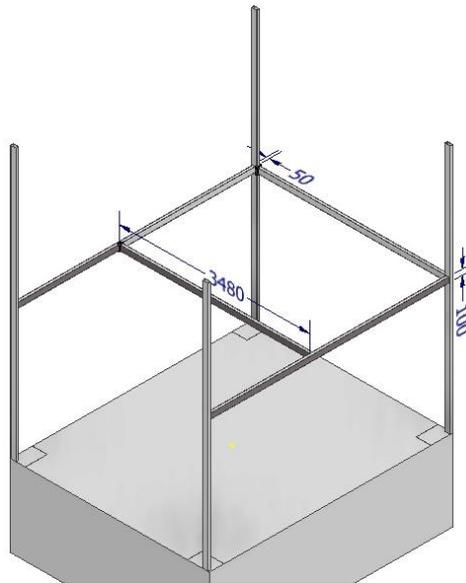


Figura 8-3: Colocación de vigas menores

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.5. *Diseño del entramado del piso*

El segundo piso estará formado con vigas menores que se distribuirán a lo largo del piso, estas tendrán una longitud de 2438mm, Las dimensiones del tubo rectangular son de 100mm*50mm con un espesor de 3mm, el entramado del piso se diseñará con tubo cuadrado de 40mm*40mm con un espesor de 2mm usando un acero estructural ASTM A36. La longitud del entramado colocado en la parte izquierda es de 455mm, con seis tubos en dicho lado mientras que en el lado derecho la longitud será de 1091mm y con seis tubos también colocados en este lado.

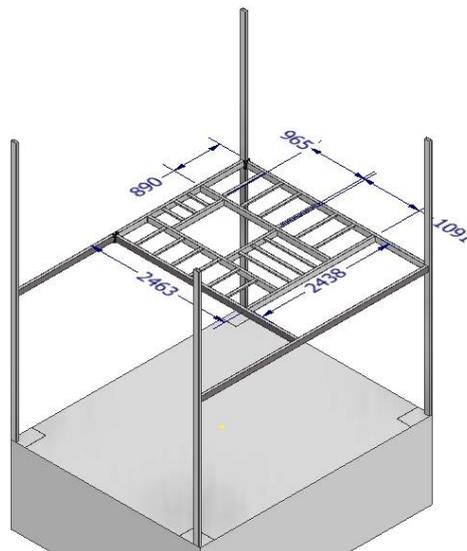


Figura 9-3: Entramado del piso

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.6. *Croquizado del gasificador*

Se realizó la colocación de la base y parte del cilindro que irá dentro de la estructura, para tener una mayor percepción de lo que se requiere diseñar del croquizado, por tanto, se va a contar con una mayor precisión al diseñar cada una de las divisiones que servirán de soporte para el diseño del piso antideslizante.

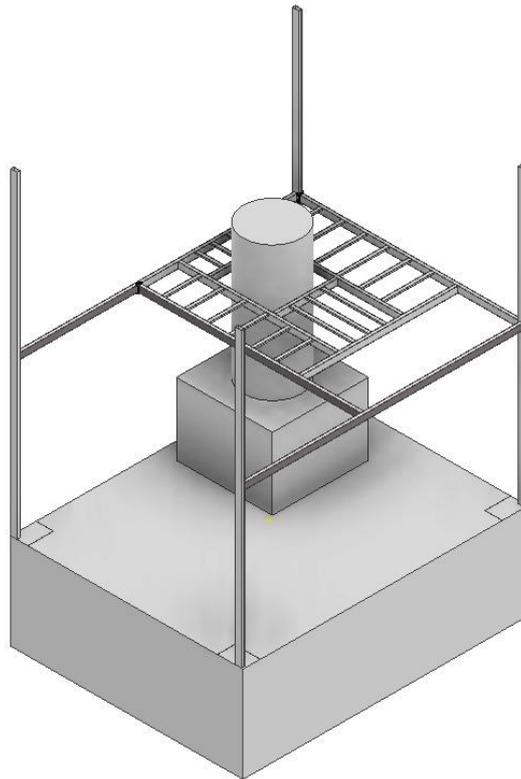


Figura 10-3: Croquizado del gasificador

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.7. *Colocación de ángulos para la malla electrosoldada*

Con la finalidad de proteger los elementos del gasificador es necesario colocar una barrera. Se colocará una malla electrosoldada, siendo necesario incluir un ángulo perimetral en las vigas y las columnas. Las dimensiones del ángulo son de 1*1/8 pulgadas. Y del mismo modo el material usado es el acero estructural ASTM A36

Se colocó el ángulo perimetral en la parte posterior de la estructura, lugar en el cual se encuentran las vigas menores para la protección de los elementos de la maquinaria que se encuentra en el interior de la estructura.

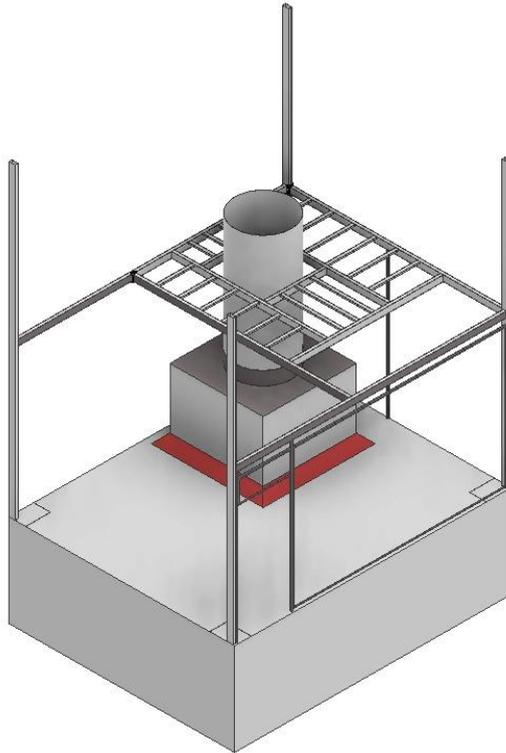


Figura 11-3: Colocación del ángulo posterior

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

Por consiguiente, se realizará la colocación del ángulo en la parte posterior, y se procederá a colocar en todos los contornos del diseño de la estructura, en el segundo piso de la misma manera para la protección de los elementos internos.

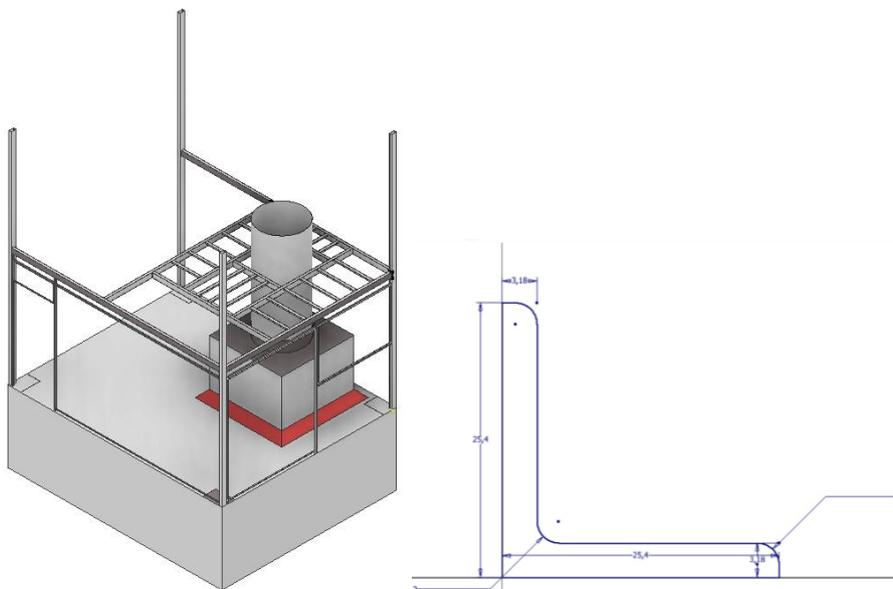


Figura 12-3: Colocación de ángulo perimetral

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.8. *Diseño de la malla electrosoldada*

La malla electrosoldada estará colocada sobre los ángulos previamente colocados, la que servirá de protección para el gasificador y sus elementos, esta malla esta estandarizada con dimensiones de recuadro de 150*150mm y con un diámetro de varilla de 3/16 pulgadas. El material usado para esta malla será del tipo acero estructural ASTM A36.

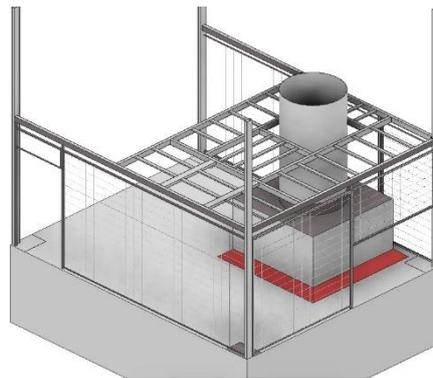


Figura 13-3: Colocación de malla electrosoldada

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.9. *Colocación de plancha antideslizante*

Para transitar por la parte superior es necesario colocar plancha antideslizante, por seguridad para el personal de operación ya que el gasificador produce desechos y ocasiona que las personas puedan sufrir accidentes. Esta plancha antideslizante es una plancha con calidad del acero ASTM A36 con espesores que van desde los 2mm hasta los 6mm. Para el diseño la plancha ocupada es una con un espesor de 2mm.

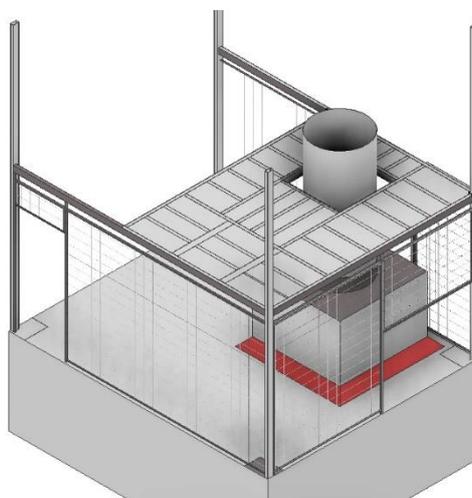


Figura 14-3: Colocación de planchas antideslizante

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.10. *Diseño de pasamanos superiores*

Los pasamanos que se incluirán en la parte superior de la estructura serán diseñados acorde con la norma NTE- INEN 2244 en la que menciona que la altura de los pasamanos debe estar comprendida entre el rango de 0,85 y 0,95 metros y los resguardos inferiores no deben ser mayores a 0,67 metros. Para el diseño de la estructura tomamos una medida de 0,9 metros de alto. El material usado para los pasamanos es un tubo rectangular de dimensiones 40*20mm con un espesor de 2mm fabricado en acero estructural ASTM A36.

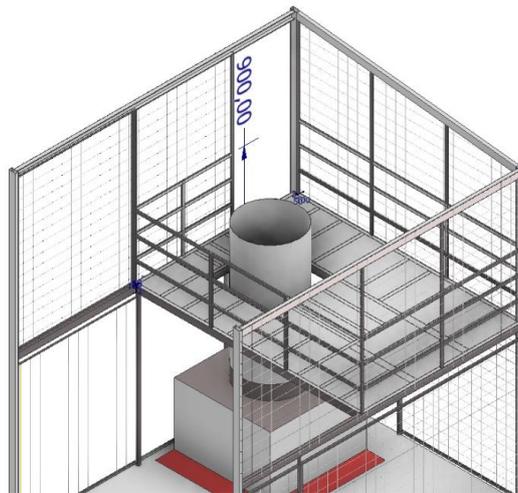


Figura 15-3: Colocación de pasamanos

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.11. *Diseño de la escalera de acceso superior*

Para garantizar el acceso al segundo piso de la estructura es fundamental colocar una escalera, bajo esta premisa se diseñará la escalera con perfil estructural de 200*100mm. El material usado es el acero estructural ASTM A36.

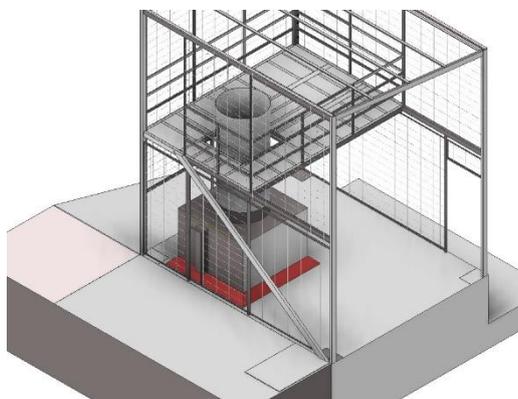


Figura 16-3: Colocación de soportes de la escalera

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

Los peldaños de la escalera de acceso superior estarán diseñados con material de dimensiones de 200*100mm. Tomando en cuenta la norma NTTE-INEN 2249 en la cual menciona los límites de huella y contrahuella de las escaleras, se realizará los peldaños con una huella de 28cm y una contrahuella de 18cm. El ancho de la escalera será de 1metro como lo indica la norma. El número de peldaños es 14 durante toda la escalera.

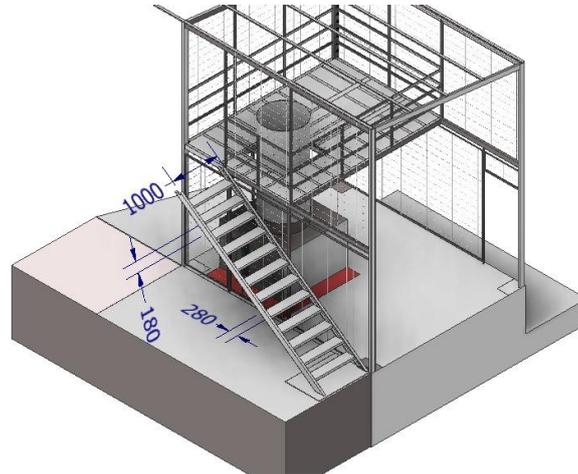


Figura 17-3: Diseño de la escalera de acceso superior

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.12. *Diseño del descanso de la escalera*

Por accesibilidad y seguridad se diseñará un descanso antes de acceder al segundo piso. Este estará realizado con tubo rectangular de dimensiones 80*40mm con un espesor de 2mm. La longitud del ancho del descanso será de 1 metro cuadrado, se soldará a la base del descanso soportes que ayudaran a resistir las cargas. El material usado será el acero estructural ASTM A36. Para el suelo del descanso, al igual que el suelo del segundo piso, se usará plancha antideslizante de 2mm de espesor.

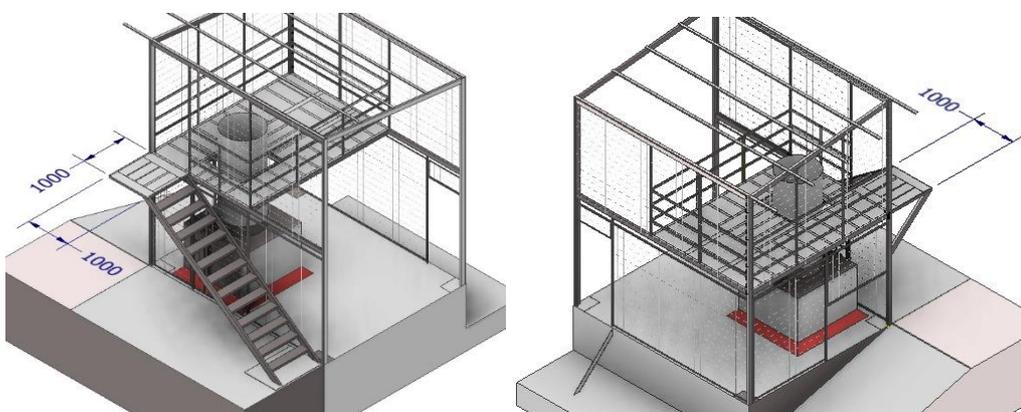


Figura 18-3: Diseño de descanso

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.13. *Diseño de la escalera de acceso inferior*

Se colocará los soportes de la escalera que serán la base para la construcción de los peldaños, estos estarán hechos en material ASTM A36 plasmados en un perfil de 200*100mm con un espesor de 2mm.

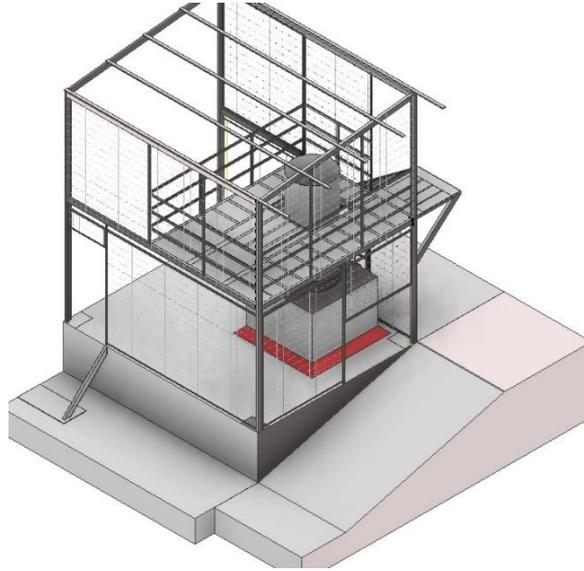


Figura 19-3: Colocación de soportes de la escalera pequeña

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

A partir de la elaboración de los soportes se realizó la colocación de los peldaños tomando en cuenta la norma NTE-INEN 2249, la huella es de 28cm mientras que la contrahuella será de 18cm. Así mismo el ancho de la escalera se referenciará de 1 metro como lo recomienda la norma. El material de los peldaños será de acero estructural ASTM A36.

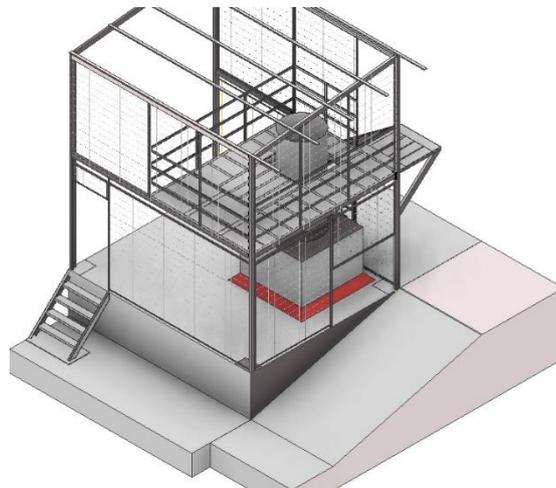


Figura 20-3: Diseño de la escalera de acceso inferior

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.14. *Diseño de correas para el techo*

Cinco correas formarán parte de la estructura superior las cuales sirven como soporte para el techo de la construcción, estarán ubicadas con una separación de 900mm. Estas correas tendrán una longitud de 5000mm y estarán fabricadas en acero estructural ASTM A36. Las dimensiones de las correas son de 60*30*10mm, con un espesor de 2 mm.

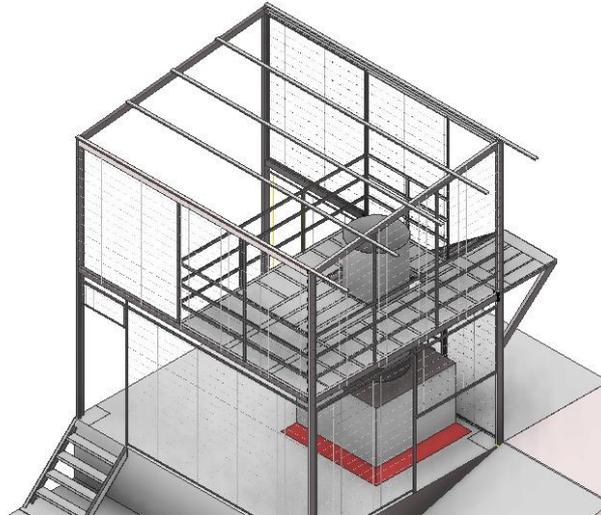


Figura 21-3: Colocación de correas para el techo

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.15. *Colocación de accesorios del gasificador*

Con el propósito de tener una mejor perspectiva de cómo se verá la estructura ya con el gasificador diseñado en su interior, se detallará cada uno de sus instrumentos y componentes del activo.

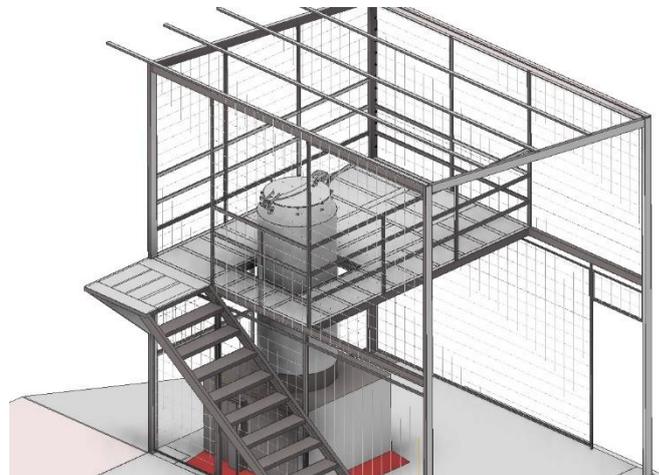


Figura 22-3: Colocación de la tapa del gasificador

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

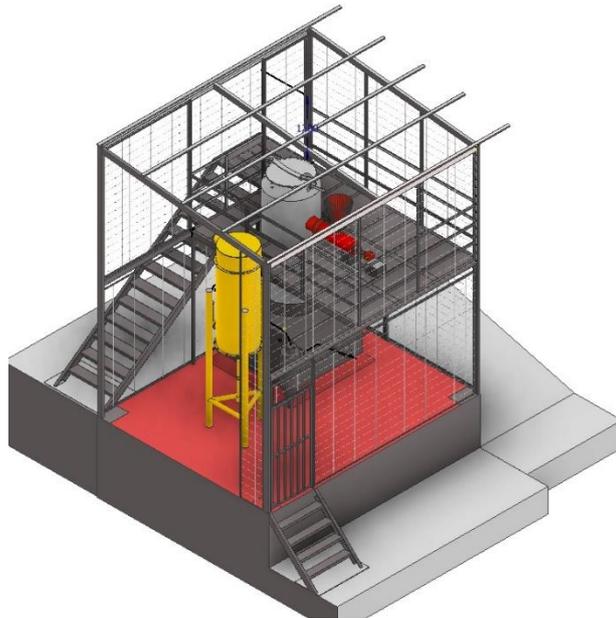


Figura 23-3: Colocación de partes del gasificador

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.16. *Diseño de pasamanos*

Para garantizar la seguridad se colocarán pasamanos en las escaleras de acceso para ello se tomará en cuenta la norma NTE-INEN 2244 en la cual hace referencia al alto del pasamanos y este debe estar comprendido entre 0,85 y 0,95 metros. Estos pasamanos estarán contruidos con tubo redondo de 2 pulgada y un espesor de 2 mm.

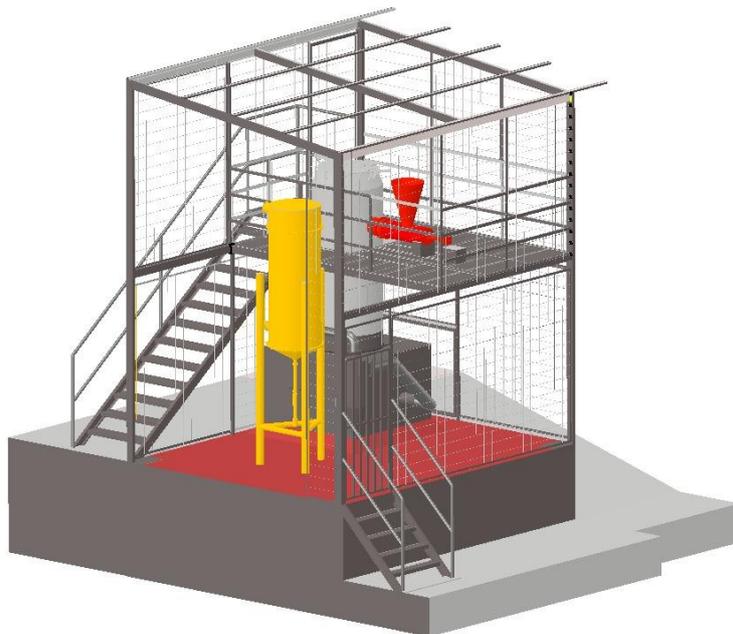


Figura 24-3: Diseño de pasamanos

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.5.17. Colocación del techo y terminado superficial

El techo colocado será un Galvalume con medida de las hojas de 4,20 metros por 1,11 metros, se usará 5 planchas de techo con una calidad de acero ASTM A653. Este techo nos servirá para brindar protección de los cambios climáticos que afecten a la estructura y a la maquinaria y sus componentes.



Figura 25-3: Terminado de la estructura

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.6. Análisis de cargas

Posteriormente se realizará un estudio de cada componente para poder certificar que la estructura y cada uno de los componentes resistirá las cargas que se pudieran dar de forma directa como indirectamente.

Las cargas que se van a analizar dentro de este apartado son el peso, tanto de las personas que transitaran por la estructura, así como las cargas adicionales transportadas por los operadores. Por otro lado, se tomarán en cuenta las cargas y esfuerzos indirectos como será, el viento, la lluvia, etc.

Para realizar el análisis será necesario especificar el material con el que se va a trabajar, sus

características y especificaciones del fabricante, siendo de suma importancia a la hora de diseñar y analizar el desplazamiento de la estructura con las cargas que se tengan durante todo tipo de situaciones.

3.7. Materiales

Los materiales usados en las simulaciones del diseño son importantes en el momento de la construcción, y se tenga una idea clara del material a usar para que la estructura tenga todas las especificaciones necesarias y sea construida acorde con el fin para la cual está destinada.

3.7.1. *Materiales de acero*

El material que se usara en el diseño de la estructura metálica es un acero de calidad ASTM A36, este material es muy común en las construcciones metálicas debido a su resistencia y propiedades físicas.

Dentro de los materiales usados en la simulación se encuentra la soldadura mediante arco eléctrico en la cual se usará preferentemente un electrodo AWS E-6011, este tipo de electrodo cumple con las necesidades para la unión de los perfiles dentro de la estructura.

3.7.2. *Materiales para la cimentación*

Se usará una cimentación de tipo pilotes hormigonados in situ, es decir que en el terreno se cavara un agujero para poder rellenarlo de concreto con la finalidad de colocar las bases y columnas de la estructura metálica que serán los pilares fundamentales para el diseño porque sobre estas recaerán todas las cargas.

El fin de colocar este tipo de cimentación es la de evitar que la estructura se mueva o tambalee con la acción de la naturaleza, es decir, con viento, lluvias e incluso con nevadas.

3.8. Cálculo de módulo resistente de vigas y análisis de columnas

Con el cálculo del módulo de resistencia de vigas, se pretende analizar cuantas cargas resistirá antes de que llegue a estar sometido a una flexión en las diferentes partes de la estructura, principalmente en las vigas y columnas.

3.8.1. Análisis en columnas

Para el análisis en las columnas tomamos como punto de referencia las especificaciones que nos ofrece el catálogo DIPAC.

Tabla 1-3: Propiedades estáticas tubo rectangular 100*50mm

Designación			Área	Peso	Propiedades estáticas					
					Eje X-X			Eje Y-Y		
					Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
mm	Mm	mm	cm ²	Kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	Cm
50	100	3	8,41	6,60	106,49	21,30	3,56	36,09	14,44	2,07

Fuente: (DIPAC, 2022, p.23)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

El esfuerzo a la fluencia F_y para el acero ASTM A36 es de 2550 Kg/cm^2 , por otro lado, el valor de módulo de elasticidad (E) es de 2100000 Kg/cm^2 . El factor de longitud efectiva (K) viene dado por la situación en la que se encuentra la columna y este tiene un valor de 0,7 dado en la tabla 1-2.

En primer lugar, se calcula la esbeltez de la columna mediante la ecuación 5, de este modo la esbeltez es:

Datos:

- $K = 0,7$
- $L = 500 \text{ cm}$
- $R = 2,07 \text{ cm}$
- $F_y = 2550 \text{ Kg/cm}^2$
- $E = 2100000 \text{ Kg/cm}^2$

$$\lambda_c = \frac{0,7 * 500 \text{ cm}}{2,07 \text{ cm} * \pi} \sqrt{\frac{2550 \text{ Kg/cm}^2}{2100000 \text{ Kg/cm}^2}}$$

$$\lambda_c = 1,87$$

A continuación, se debe calcular el esfuerzo crítico de falla mediante la ecuación 6.

Datos:

- $F_y = 2550 \text{ Kg/cm}^2$
- $\lambda_c = 1,87$

$$f_{cr} = (0,658)^{1,87^2} * 2550 \text{ Kg/cm}^2$$
$$f_{cr} = 589,29 \text{ Kg/cm}^2$$

Los anteriores cálculos son indispensables para obtener la carga axial máxima (QA), y esta se calcula en base a la ecuación 7, donde A es el área dada en las especificaciones del acero ASTM A36. Entonces:

Datos:

- $F_{cr} = 589,29 \text{ Kg/cm}^2$
- $A = 8,41 \text{ cm}^2$

$$QA = 589,29 \text{ Kg/cm}^2 * 8,41 \text{ cm}^2$$
$$QA = 4955,93 \text{ Kg}$$

En lo que respecta a la carga axial máxima en las columnas menores se debe calcular una esbeltez propia de la longitud de estas columnas para la cual se emplea la ecuación 5.

Datos:

- $K = 0,7$
- $L = 460 \text{ cm}$
- $R = 2,07 \text{ cm}$
- $F_y = 2550 \text{ Kg/cm}^2$
- $E = 2100000 \text{ Kg/cm}^2$

$$\lambda_c = \frac{0,7 * 460 \text{ cm}}{2,07 \text{ cm} * \pi} \sqrt{\frac{2550 \text{ Kg/cm}^2}{2100000 \text{ Kg/cm}^2}}$$
$$\lambda_c = 1,72$$

A partir de la esbeltez se calcula el esfuerzo crítico propio de la columna menor, empleando la ecuación 6.

Datos:

- $F_y = 2550 \text{ Kg/cm}^2$
- $\lambda_c = 1,72$

$$f_{cr} = (0,658)^{\lambda_c^2} * F_y$$
$$f_{cr} = (0,658)^{1,72^2} * 2550 \text{ Kg/cm}^2$$
$$f_{cr} = 739,23 \text{ Kg/cm}^2$$

De este modo se calcula la carga axial máxima de la columna menor, con la ecuación 7.

Datos:

- $F_{cr} = 739,23 \text{ Kg/cm}^2$
- $A = 8,41 \text{ cm}^2$

$$QA = 739,23 \text{ Kg/cm}^2 * 8,41 \text{ cm}^2$$
$$QA = 6216,92 \text{ Kg}$$

Para poder calcular la carga actuante dentro de la estructura es necesario conocer la carga muerta, la carga viva y la carga por el viento, se calcula la carga muerta de peso propio.

Datos:

- $P_{ac} = 6,6 \text{ Kg/m}$
- $L = 6 \text{ m}$
- $\# \text{ perfiles} = 6$
- $A = 16,15 \text{ m}^2$

$$D_1 = \frac{P_{ac} * L * \# \text{ perfiles}}{A}$$
$$D_1 = \frac{6,6 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 6 \text{ m} * 6}{16,15 \text{ m}^2}$$
$$D_1 = 14,70 \text{ Kg/m}^2$$

Así mismo es necesario calcular la carga muerta de piso y de la misma forma tenemos:

Tabla 2-3: Propiedades estáticas del tubo cuadrado de 40mm*40mm

Designación			Área	Peso	Propiedades estáticas					
					Eje X-X			Eje Y-Y		
					Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
mm	Mm	Mm	cm ²	Kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
40	40	2	2,94	2,31	6,95	3,47	1,54	6,95	3,47	1,54

Fuente: (DIPAC, 2022, p.22)

Realizado por: Molina, D.; Moreta, F. 2022

Datos:

- $L_v = 6,6m$
- # de vigas entrantes = 90
- $P_v = 2,31 \frac{kg}{m}$
- $A_p = 8,86 m^2$

$$D_2 = \frac{L_v * P_v * \#de\ vigas\ entrantes}{A_p}$$

$$D_2 = \frac{2,44m * 2,31 \frac{Kg}{m} * 90}{8,86 m^2}$$

$$D_2 = 57,27 \frac{Kg}{m^2}$$

Para la carga viva que va a soportar la estructura se tomó en cuenta que el gasificador se usará para actividades académicas siendo un aforo máximo de 15 personas teniendo en cuenta el área de la segunda planta del gasificador tiene un área de 8,86 metros cuadrados, por lo que cada persona ocupa aproximadamente 0,5 metro cuadrado. Considerando para cada persona un peso promedio de 65 Kg.

Datos:

- $P_p = 65 kg$
- # personas = 15
- $A = 8,86 m^2$

$$L = \frac{P_p * \#personas}{A}$$

$$L = \frac{65Kg * 15}{8,86 m^2}$$

$$L = 110,04 Kg/m^2$$

En el apartado de la carga por viento es necesario calcular la velocidad corregida del viento como indica en la Ecuación 10 para después realizar el cálculo de la presión del viento. Entonces:

Datos:

- $\sigma = 0,9$
- $V = 2,77 \frac{m}{s}$

$$V_b = 2,77 \frac{m}{s} * 0,9$$

$$V_b = 2,49 \frac{m}{s}$$

Al tener calculado la velocidad corregida del viento se procede a calcular la carga de viento mediante la Ecuación 11.

Datos:

- $\sigma = 0,9$
- $\rho = 1,25 \frac{Kg}{m^3}$
- $V_b = 2,49$
- $C_f = 0,8$

$$W = \frac{1}{2} * 1,25 \frac{Kg}{m^3} * 2,49^2 * 0,9 * 0,8$$

$$W = 2,79 N/m^2 = 0,285 Kg/m^2$$

Para calcular la carga última de la estructura se toma en cuenta la fórmula de combinaciones 2 de la norma NEC-SE-CG como se muestra en la Ecuación 14.

Datos:

- $D = 71,97 \frac{kg}{m^2}$

- $L = 110,04 \frac{kg}{m^2}$
- $W = 2,31 \frac{kg}{m}$

$$Q_u = 1,2 \left(14,70 \frac{Kg}{m^2} + 57,27 \frac{Kg}{m^2} \right) * + 1,6 * 110,04 \frac{Kg}{m^2} + 0,5 * 0,285 \frac{Kg}{m^2}$$

$$Q_u = 262,57 \frac{Kg}{m^2}$$

A continuación, se calcula el área cooperante de diseño

$$A_c = \frac{4,45}{2} * \frac{3,63}{2}$$

$$A_c = 4,04 m^2$$

A partir de los cálculos realizados podemos determinar la carga actuante en la estructura mediante la Ecuación 7 y conocer si dicha construcción sería segura. Entonces:

Datos:

- $\# \text{ niveles} = 2$
- $A_c = 4,04 m^2$
- $Q_u = 289,64 \frac{kg}{m^2}$

$$Q_{Ac} = 2 * 4,04 m^2 * 262,57 \frac{Kg}{m^2}$$

$$Q_{Ac} = 2100,56 Kg$$

3.8.2. Análisis de vigas

En primer lugar, se analiza las vigas de mayor longitud, es decir las vigas de 4,35m. Para ello es necesario calcular el área cooperante de la viga y los aportes de lado izquierdo y derecho respectivamente, de este modo calcular las cargas y el módulo resistente.

3.8.2.1. Viga primaria

- Lado izquierdo de aporte = 1,71m
- Lado derecho de aporte = 0m

Para el cálculo del área cooperante se toma en cuenta los lados de aporte de la viga.

$$A_c = L * \left(\frac{L_i}{2} + \frac{L_d}{2}\right)$$
$$A_c = 4,35m * \left(\frac{1,71m}{2} + \frac{0}{2}\right)$$
$$A_c = 3,72m^2$$

A continuación, se procede a determinar la carga actuante con la ecuación 8 en la viga. Entonces:

Datos:

- $A_c = 3,72 m^2$
- $Q_u = 262,57 \frac{kg}{m^2}$

$$Q_v = A_c * Q_u$$
$$Q_v = 3,72m^2 * 262,57 \frac{Kg}{m^2}$$
$$Q_v = 976,76Kg$$

A partir de este resultado podemos calcular la carga distribuida en la viga.

Datos:

- $Q_v = 976,76 kg$
- $L = 4,35 m$

$$q_u = \frac{Q_v}{L}$$
$$q_u = \frac{976,76Kg}{4,35m}$$
$$q_u = 224,54 \frac{Kg}{m}$$

Y del mismo modo ahora se puede calcular el momento actuante en la viga como se muestra en la Figura 3-2.

Datos:

- $q_u = 224,54 \frac{kg}{m}$
- $L = 4,35 m$

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{8}$$

$$M_u = \frac{224,54 \frac{Kg}{m} * 4,35m^2}{8}$$

$$M_u = 531,11Kg * m$$

Finalmente calculamos el módulo resistente para compararlo con las características dadas del catálogo IPAC y determinar si nuestra viga resiste la carga que en ella se aplica.

Datos:

- $M_u = 564,31 \text{ kg} * m$
- $F_y = 2550 \frac{kg}{cm^2}$

$$M_r = \frac{M_u * 100}{F_y}$$

$$M_r = \frac{531,11Kg * m * 100}{2550 \frac{Kg}{cm^2}}$$

$$M_r = 20,83cm^3$$

3.8.2.2. Viga secundaria

En la viga secundaria es decir en la viga de 3,43m se repite el mismo proceso ya que el material es el mismo. De este modo tenemos:

- Lado izquierdo de aporte = 2,17m
- Lado derecho de aporte = 0m

Para el cálculo del área cooperante se toma en cuenta los lados de aporte de la viga.

$$A_c = L * \left(\frac{L_i}{2} + \frac{L_d}{2} \right)$$

$$A_c = 3,43m * \left(\frac{2,17m}{2} + \frac{0}{2} \right)$$

$$A_c = 3,72m^2$$

A continuación, se procede a determinar la carga actuante en la viga. Entonces:

Datos:

- $A_c = 3,72 \text{ m}^2$
- $Q_u = 262,57 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

$$Q_v = A_c * Q_u$$
$$Q_v = 3,72 \text{m}^2 * 262,57 \text{Kg}/\text{m}^2$$
$$Q_v = 976,76 \text{Kg}$$

A partir de este resultado podemos calcular la carga distribuida en la viga:

Datos:

- $Q_v = 976,76 \text{ kg}$
- $L = 3,43 \text{ m}$

$$q_u = \frac{Q_v}{L}$$
$$q_u = \frac{976,76 \text{Kg}}{3,43 \text{m}}$$
$$q_u = 284,68 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

Y del mismo modo ahora se puede calcular el momento actuante en la viga:

Datos:

- $q_u = 284,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
- $L = 3,43 \text{ m}$

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{8}$$
$$M_u = \frac{284,68 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 3,43^2}{8}$$
$$M_u = 418,65 \text{Kg} * \text{m}$$

Finalmente calculamos el módulo resistente para compararlo con las características dadas del catálogo IPAC y determinar si nuestra viga resiste la carga que en ella se aplica.

Datos:

- $M_u = 418,65 \text{ kg} * \text{m}$
- $F_y = 2550 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

$$M_r = \frac{M_u * 100}{F_y}$$
$$M_r = \frac{418,65 \text{Kg} * \text{m} * 100}{2550 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$
$$M_r = 16,42 \text{cm}^3$$

3.9. Cálculo de punto crítico (Descanso)

Datos:

- $L_v = 1 \text{m}$
- $\# \text{ de vigas entrantes} = 25$
- $P_v = 2,31 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
- $A_p = 1 \text{ m}^2$

$$D_2 = \frac{L_v * P_v * \# \text{ de vigas entrantes}}{A_p}$$
$$D_2 = \frac{1 \text{m} * 2,31 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 25}{1 \text{ m}^2}$$
$$D_2 = 57,75 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Datos:

- $P_p = 65 \text{ kg}$
- $\# \text{ personas} = 4$
- $A = 1 \text{ m}^2$

$$L = \frac{P_p * \# \text{ personas}}{A}$$
$$L = \frac{65 \text{Kg} * 4}{1 \text{m}^2}$$
$$L = 130 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Datos:

- $D = 57,75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
- $L = 130 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

$$Q_u = 1,2 \left(57,75 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) * +1,6 * 130 \text{Kg}/\text{m}^2$$
$$Q_u = 277,33 \text{Kg}/\text{m}^2$$

Datos:

- Lado izquierdo de aporte = 0,5m
- Lado derecho de aporte = 0m

Para el cálculo del área cooperante se toma en cuenta los lados de aporte de la viga.

$$A_c = L * \left(\frac{L_i}{2} + \frac{L_d}{2} \right)$$
$$A_c = 1\text{m} * \left(\frac{0,5\text{m}}{2} + \frac{0}{2} \right)$$
$$A_c = 0,25\text{m}^2$$

A continuación, se procede a determinar la carga actuante en la viga. Entonces:

Datos:

- $A_c = 0,25 \text{m}^2$
- $Q_u = 277,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

$$Q_v = A_c * Q_u$$
$$Q_v = 0,25\text{m}^2 * 277,3 \text{Kg}/\text{m}^2$$
$$Q_v = 69,33\text{Kg}$$

A partir de este resultado podemos calcular la carga distribuida en la viga:

Datos:

- $Q_v = 69,33 \text{kg}$
- $L = 1 \text{m}$

$$q_u = \frac{Q_v}{L}$$

$$q_u = \frac{69,33Kg}{1m}$$

$$q_u = 69,33 \frac{Kg}{m}$$

Y del mismo modo ahora se puede calcular el momento actuante en la viga:

Datos:

- $q_u = 69,33 \frac{kg}{m}$
- $L = 1m$

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{8}$$

$$M_u = \frac{69,33 \frac{Kg}{m} * 1^2}{8}$$

$$M_u = 8,66Kg * m$$

Finalmente calculamos el módulo resistente para compararlo con las características dadas del catálogo IPAC y determinar si nuestra viga resiste la carga que en ella se aplica.

Datos:

- $M_u = 8,66 kg * m$
- $F_y = 2550 \frac{kg}{cm^2}$

$$M_r = \frac{M_u * 100}{F_y}$$

$$M_r = \frac{8,66Kg * m * 100}{2550 \frac{Kg}{cm^2}}$$

$$M_r = 0,34cm^3$$

3.10. Cálculos de la cimentación

Para el cálculo de las cimentaciones se tomará en cuenta la carga que ejercen los elementos hacia el suelo, de este modo se obtiene el área de la cimentación. En el momento que se calcula el área y con una profundidad definida se determinará las cantidades de cada material para la mezcla.

3.10.1. Cimentación de la escalera grande

Para saber las medidas de la cimentación de las escaleras se toma como referencia la Ecuación 9, de este modo es imperioso calcular en primera instancia el peso que va a tener la escalera mayor ya que esto influirá en la carga que tenga la cimentación y requerirá de una mayor resistencia. Es así que:

$$P_{escalera} = \#perfiles * P_{perfiles}$$

Datos:

- $P_{perfiles}$: 43,84 Kg
- $\#perfiles$: 4

$$P_{escalera} = \#perfiles * P_{perfiles}$$

$$P_{escalera} = 4 * 43,84$$

$$P_{escalera} = 175,36 \text{ Kg}$$

Para el cálculo del peso en la columna es necesario tomar en cuenta también la carga viva que va a soportar la cimentación. Para ello se toma en cuenta la carga de 15 personas con un peso promedio de 65Kg. Entonces se tiene:

$$L = \#personas * Peso$$

$$L = 15 * 65 \text{ Kg}$$

$$L = 975 \text{ Kg}$$

Ya con los datos obtenidos y con la premisa de que es un suelo limo arenoso en el cual tiene una capacidad portante de $0,25 \text{ Kg/cm}^2$ se procede a calcular el área de la cimentación.

Datos:

- $P_{escalera}$: 175,36 Kg
- L : 975Kg
- q_{adm} : $0,25 \text{ Kg/cm}^2$

$$A_z = \frac{P_{escalera} + L}{q_{adm}}$$

$$A_z = \frac{175,36 + 975}{0,25}$$

$$A_z = 4601,44\text{cm}^2$$

3.10.2. Cimentación de la escalera pequeña

$$P_{escalera} = \#perfiles * P_{perfiles}$$

Datos:

- $P_{perfiles}$: 43,84 Kg
- $\#perfiles$: 1

$$P_{escalera} = \#perfiles * P_{perfiles}$$

$$P_{escalera} = 1 * 43,84$$

$$P_{escalera} = 43,84 \text{ Kg}$$

Para el cálculo del peso en la columna es necesario tomar en cuenta también la carga viva que va a soportar la cimentación. Para ello se toma en cuenta la carga de una persona con un peso promedio de 65Kg. Entonces se tiene:

$$L = \#personas * \text{Peso}$$

$$L = 1 * 65\text{Kg}$$

$$L = 65\text{Kg}$$

Ya con los datos obtenidos y con la premisa de que es un suelo limo arenoso en el cual tiene una capacidad portante de $0,25\text{Kg}/\text{cm}^2$ se procede a calcular el área de la cimentación.

Datos:

- $P_{escalera}$: 43,84 Kg
- L : 65Kg
- q_{adm} : $\frac{0,25\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

$$A_z = \frac{P_{escalera} + L}{q_{adm}}$$

$$A_z = \frac{43,84 + 65}{0,25}$$

$$A_z = 435,36\text{cm}^2$$

Para una mejor resistencia del concreto se sobredimensionará el área de la cimentación de las escaleras en las cuales se tendrá una cimentación de 110cm*50cm para cada escalera con una profundidad de 50cm en cada una de las cimentaciones. Estas dimensiones serán utilizadas para el cálculo de las cantidades de materiales a usar en la mezcla de concreto.

3.10.3. Cálculo de cantidad de materiales para la cimentación

Este cálculo se va a realizar con la premisa de que será la misma mezcla para las 2 cimentaciones usadas en el diseño. Es decir que el volumen usado será la suma del volumen de las dos cimentaciones. Atendiendo a lo especificado en la Tabla 2-2 se toma en cuenta las características de una mezcla de concreto para cimentaciones simples con una dosificación de 1:3:3, que significa que se deben colocar 1 balde de cemento, más 3 de arena, más 3 de piedra partida.

El volumen de cada cimentación es de $0,275\text{m}^3$, es decir que el volumen total es de $0,550\text{m}^3$. Entonces:

Datos para un metro cúbico con proporción 1:3:3:

- Cemento: 300 Kg
- Arena: $0,715\text{ m}^3$
- Ripio: $0,715\text{ m}^3$
- Agua: $0,09\text{ m}^3$

Para calcular la cantidad de los materiales se calcula con regla de proporciones

Cemento en $0,550\text{m}^3$ de mezcla

$$\frac{300\text{ Kg}}{1\text{m}^3} = \frac{C_c}{0,550\text{m}^3}$$
$$C_c = \frac{0,550\text{m}^3 * 300\text{kg}}{1\text{m}^3}$$
$$C_c = 165\text{Kg}$$

Se calcula también la pérdida del 5% del material

$$C_p = 5\% * C_c$$
$$C_p = 5\% * 165$$
$$C_p = 8,25\text{Kg}$$

$$C = C_c + C_p$$

$$C = 165Kg + 8,25Kg$$

$$C = 173,25Kg$$

Arena en $0,550m^3$ de mezcla

$$\frac{0,715 m^3}{1m^3} = \frac{A_A}{0,550m^3}$$

$$A_A = \frac{0,550m^3 * 0,715 m^3}{1m^3}$$

$$A_A = 0,39 m^3$$

Se calcula también la pérdida del 5% del material

$$A_p = 5\% * A_A$$

$$A_p = 5\% * 0,39 m^3$$

$$A_p = 0,02 m^3$$

$$A = A_A + A_p$$

$$A = 0,39 m^3 + 0,02 m^3$$

$$A = 0,41m^3$$

Ripio en $0,550m^3$ de mezcla

$$\frac{0,715 m^3}{1m^3} = \frac{R_R}{0,550m^3}$$

$$R_R = \frac{0,550m^3 * 0,715 m^3}{1m^3}$$

$$R_R = 0,39 m^3$$

Se calcula también la pérdida del 5% del material

$$R_p = 5\% * R_R$$

$$R_p = 5\% * 0,39 m^3$$

$$R_p = 0,02 m^3$$

$$R = R_R + R_p$$

$$R = 0,39 m^3 + 0,02 m^3$$

$$R = 0,41m^3$$

Agua en $0,550\text{m}^3$ de mezcla

$$\frac{0,09 \text{ m}^3}{1\text{m}^3} = \frac{\text{Agua}}{0,550\text{m}^3}$$
$$\text{Agua} = \frac{0,550\text{m}^3 * 0,09 \text{ m}^3}{1\text{m}^3}$$
$$\text{Agua} = 0,05 \text{ m}^3$$

Para poder realizar la cimentación de las escaleras es necesario mezclar 173,25Kg de cemento; $0,41\text{m}^3$ de arena; $0,41\text{m}^3$ de ripio y por último $0,05 \text{ m}^3$ de agua

3.11. Simulación de vigas mediante el Software Académico MDSolid

A partir de la carga distribuida calculada anteriormente se procede a realizar la simulación de la viga con los parámetros establecidos. En la Figura 26-3, W1 representa la carga distribuida calculada de la viga mayor que tiene un valor de $224,54 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$ o lo que es equivalente a $2202,73 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$

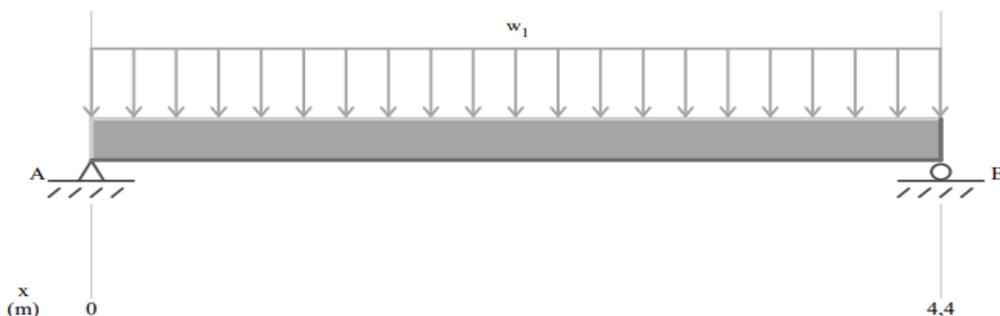


Figura 26-3: Simulación de carga distribuida en la viga mayor

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

Del mismo modo para la viga menor se realiza la simulación de cargas dentro de dicha viga. En este caso la carga $W1$ es igual a $284,68 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$ o su equivalente $2792,71 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$

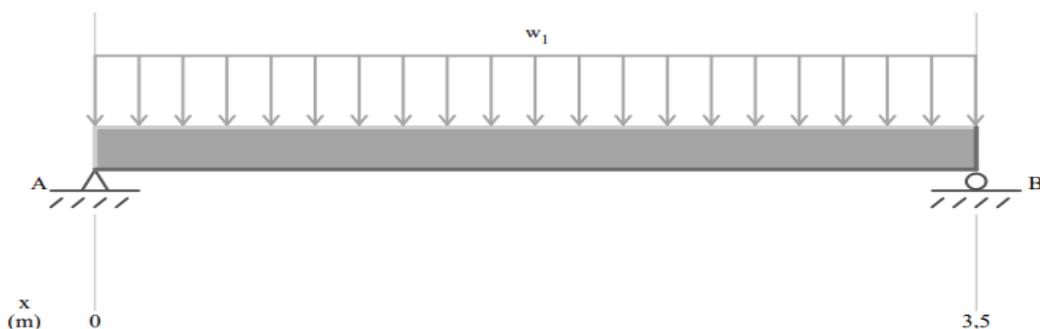


Figura 27-3: Simulación de carga distribuida en la viga menor

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

3.12. Simulación de cargas en la estructura

La carga en la simulación es de 20606,5 N ($Q_A * g$) que es la que se calculó como la carga actuante dentro de la estructura, en la simulación se observa una deformación de 4mm en el segundo piso, siendo esta una deformación mínima y demuestra que la estructura soporta las diferentes fuerzas actuantes sobre las mismas, garantizando la seguridad de los operarios.

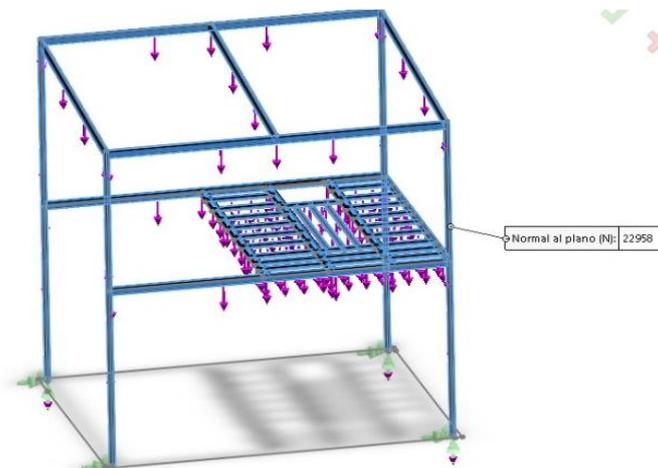


Figura 28-3: Simulación de carga última en la estructura

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

Al exceder la carga estipulada dentro de los cálculos se observa una deformación dentro de la estructura. Sin embargo, en la Figura 29-3 se observa una deformación mayor, ya que la carga con la cual esta simulada es mayor a la carga última calculada de 60987,98 N ($Q_{AC} * g$) por lo tanto, se evidencia un mayor pandeo en las vigas y el tejido del piso, con esta simulación se verifica el peso máximo que soportará antes de que se evidencie cambios en la estructura y empiece a colisionar

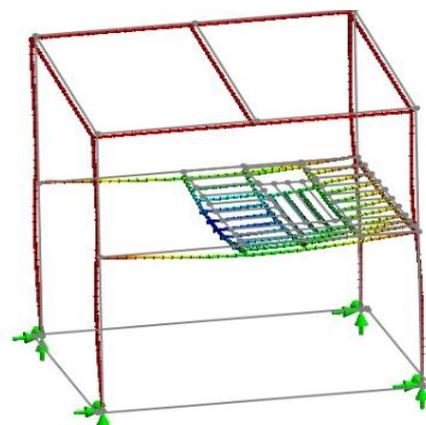


Figura 29-3: Simulación de carga excedida

Fuente: Molina, D.; Moreta, F. 2022

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados del diseño

Para realizar el diseño de la estructura se tenía varios programas disponibles y válidos para poder tener unos resultados óptimos dentro del diseño, así como en el momento de realizar las simulaciones y los cálculos dentro de estos programas. El programa óptimo para la realización del Trabajo de Integración Curricular es Inventor que es ofrecido por AutoDesk. La autoeducación fue indispensable en el momento de la utilización de este programa.

Por otro lado, y con la finalidad de obtener los planos y vistas de los diferentes elementos de los que está constituido el diseño se utilizó el software SolidWorks académico. Se usó el apartado de simulación de cargas para hacer un análisis de cargas. Para realizar este análisis se consideró que la estructura va a soportar una carga viva de 15 personas con un peso promedio de 65 Kg ya que el gasificador se usará para prácticas académicas, por otro lado, se tomó en cuenta también el peso propio de cada elemento de la estructura, es decir el peso muerto de la estructura. A partir de los datos expresados se simuló de manera efectiva y se evidenció que la estructura resistiría la carga viva como la carga muerta.

De este modo al simular las cargas se evidenció una elongación de 4 mm de la estructura en la parte interna del segundo piso. La deformación dentro del diseño es algo inherente ya que la estructura soporta peso propio y peso externo.

A partir de las normas utilizadas como son la norma NEC (Norma Ecuatoriana de la construcción) y las normas INEN referentes a las escaleras y pasamanos. Se encuentra un trabajo final del diseño de la estructura metálica con todas las especificaciones que las normas piden. De este modo para la altura de los pasamanos se determinó mediante las recomendaciones de la norma, así que la altura es de 90 cm. La altura contemplada en la norma está en un rango entre 85 y 95 cm por lo cual el diseño se encuentra en el rango establecido por la norma INEN 2244. Por otro lado, en lo referente a la huella y contrahuella de las escaleras dentro del diseño se propone una medida de 28 cm de huella y 18 cm de contrahuella, así mismo se encuentra en el rango de seguridad basado en la norma INEN 2249.

Se tomó además en cuenta las necesidades de los operarios y el personal de mantenimiento para

el diseño. El personal de operaciones sugirió un acceso específico para el área, así como compuertas laterales para poder realizar el mantenimiento y limpieza del quemador del gasificador y para poder tomar lectura de las termocuplas. Para solucionar estas peticiones se incluyó dentro del diseño las puertas y compuertas necesarias para dichas actividades basándose en la norma NTE INEN-2309.

En un principio no se tenía los elementos para realizar una alimentación continua del gasificador por lo cual el diseño estaba programado para realizar el segundo piso más pequeño, a partir de la inclusión de los elementos para la alimentación continua como son la tolva, el tornillo sinfín, el motor, el motorreductor y la base del motor se decidió alargar el suelo del segundo piso en un metro para poder ubicar dichos elementos y no sea un inconveniente en el momento de poner en marcha el gasificador.

Con todas estas especificaciones e inconvenientes se pudo realizar un diseño satisfactorio y viable referente a la facilidad de construcción.

4.2. Análisis de resultados de los cálculos

Los cálculos realizados evidencian la resistencia a la carga que tiene la estructura diseñada. Para las columnas mayores se determinó una carga máxima de 48601,07 *N*, mientras que la carga a la cual está sometida la estructura diseñada es de 20599,46 *N*. Evidenciando la resistencia de las columnas.

Así mismo, mediante los cálculos en las vigas tanto mayores como menores. Para las vigas mayores se determinó un módulo resistente de 20,83 *cm*³ mientras que para las vigas menores se determinó un resultado de 16,42 *cm*³. Es decir, los valores son menores que el módulo resistente dado por el fabricante que es de 21,30 *cm*³.

A partir de los cálculos realizados para las cimentaciones de las escaleras se observa que para la cimentación de la escalera grande se tiene como área calculada de 4601,44 *cm*² y para la cimentación de la escalera pequeña es de 435,36 *cm*². Se sobredimensionará las cimentaciones con el fin de tener una mayor estabilidad dentro de la estructura. Las dimensiones serán de 50*110*50 centímetros para la cimentación grande y de 50*110*50 centímetros para la escalera pequeña.

El punto crítico del descanso tiene un módulo resistente de 0,34 *cm*³ muy por debajo del límite de

módulo resistente ofrecido por los fabricantes el cual es de $21,30 \text{ cm}^3$. Se toma en cuenta el apoyo directo a la columna con la finalidad de dejar el espacio en la parte baja para el tránsito de operarios y a la vez es preferible que las vigas tengan apoyos y no se encuentren en voladizo.

4.3. Análisis de resultados de la simulación

A partir de la simulación realizada se pudo observar que la estructura es viable ya que no presenta mayor esfuerzo en sus componentes, así como no presenta esfuerzo en sí como una estructura. El mayor esfuerzo que se evidencia es en la parte central del segundo piso ya que será en donde se concentre todas las cargas que puedan existir. Es por esta razón que se evidencia una elongación o deformación en el centro de la estructura de 4mm. Sin embargo, esto no representa un riesgo a la estructura, ni para los usuarios.

Dentro del apartado de la seguridad de la estructura, es indispensable mencionar que a partir de la simulación se puede evidenciar que la estructura no colapsara con las cargas expresadas. De este modo la estructura es viable para su construcción.

Al realizar la simulación con el peso de 15 personas aproximadamente se evidenció dentro del programa SolidWorks académico, un factor de seguridad de 1,6; el cual representa una seguridad alta ya que el factor de seguridad debe sobrepasar la unidad para considerarlo seguro.

CONCLUSIONES

Se realizó el levantamiento de dimensiones del lugar en el que se encuentra ubicado el Gasificador tipo *Downdraft*, tomando en consideración los alrededores y las partes estructurales antiguas para usarlas en el nuevo diseño.

Se diseñó una estructura metálica para el Gasificador tipo *Downdraft* de la Facultad de Mecánica, basado en la norma ecuatoriana de la construcción NEC, además de las normas NTE INEN 2249 referente al diseño y construcción de las escaleras; de la NTE INEN 2309 esta es referente al diseño de las puertas y de la NTE INEN-2244 enfocada en parámetros dimensionales de los pasamanos.

Se analizó las cargas y resistencias de los materiales, que va a soportar cada una de las partes estructurales con un valor estimado de carga de 15 personas y tomando en cuenta un peso promedio de 65 Kg. Además, se realizó un estudio estructural de cargas que se soporta la estructura en su totalidad.

Se realizó el rediseño de la parte superior de la estructura tomando en cuenta la instalación de elementos faltantes del gasificador y las recomendaciones de los operarios y personal de mantenimiento, garantizando el mejor diseño de la estructura.

Se evidenció la importancia de los diferentes programas de diseño estructural haciendo hincapié en el programa SolidWorks académico el cual se estudia en la malla curricular de la carrera de Mantenimiento Industrial.

RECOMENDACIONES

La construcción de la estructura diseñada debe realizarse con los materiales estipulados dentro del diseño ya que al utilizar materiales con diferentes características físicas se corre el riesgo de fallo dentro de la estructura.

Es necesario pintar la estructura con un material anticorrosivo en el momento en el cual se construya con la finalidad de proteger los elementos de factores climáticos que pueden dañar la construcción.

Para garantizar la seguridad en las uniones soldadas dentro de la estructura es imperioso realizar ensayos de tintas penetrantes en los cordones de soldadura dentro de la construcción.

Es fundamental para la correcta construcción de la estructura tener una planificación adecuada con tiempos y actividades a realizarse durante el periodo destinado para ello.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRÉS, Guillermo. Cálculo de uniones en estructura metálica. Comparación entre atornilladas y soldadas aplicadas a un pórtico estándar de una nave industrial. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Valladolid, Valladolid. 2021. pp. 1-3 [Consulta: 29-04-2022]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/47672>

CALLE, J. *Diseño en 3D con SketchUp* [en línea]. Madrid: Ministerio de Educación y Formación Profesional de España, 2014. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/49363>

CAVA, Jose. Proyecto de rehabilitación de estructura metálica para su uso como sala polivalente de pública concurrencia [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Sevilla, Sevilla. 2021. pp. 18-19 [Consulta: 23 abril 2022]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn142.html>

DASAULT SYSTEMES. *Introducción a Solidworks*. [en línea]. Solidworks, 2016. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/2OHqEeu>.

DÍAZ, Karlo. Evaluación y optimización en el diseño de estructuras metálicas aplicado a cubiertas según las especificaciones AISC- 2010 por el método LRFD. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. pp. 49-54 [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/368>

DIEZ, G. *Diseño estructural en Arquitectura: introducción*. Buenos Aires: Nobuko, 2005. ISBN 9875480149, pp. 11-13.

DIPAC. 2022. *Dipac productos de acero* [en línea]. Dipac, [Consulta: 02 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020>

GIL, Joan. Diseño y cálculo de una estructura metálica. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universitat Politècnica de Catalunya Barcelonatech, Catalunya. pp. 5-7 [Consulta: 23 abril 2022]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/336097>

GRANADOS, Oscar. "Tutorial No1 Autodesk INVENTOR". *Universidad Santo Tomas* [en línea], 2019, pp. 3-15. [Consulta 2022 abril 23]. Disponibe en:

https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14707/TutorialINVENTOROEGD_1.pdf?sequence=1

LOMBARD, M. *Mastering SolidWorks* [en línea]. Wiley, 2018. [Consulta: 04 mayo 2022]
Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/186533>

NEC-SE-AC: 2014. *Norma Ecuatoriana de la Construcción, Estructuras de Acero*

NEC-SE-CG: 2014. *Norma Ecuatoriana de la Construcción, Cargas (no sísmicas)*

NIETO, A. *Soldadura* [en línea]. México, D.F: Grupo Editorial Éxodo, 2012. [Consulta: 10 mayo 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/128559>

NOVACERO, 2022. *CATALOGO NOVACERO* [en línea]. Novacero, 2022. [Consulta: 02 mayo 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/31666315/CATALOGO_PRODUCTOS_NOVACERO

NTE INEN 2249: 2016. *Accesibilidad de las personas al medio físico. Circulaciones verticales. Escaleras. Requisito.*

NTE INEN 2309: 2018. *Accesibilidad de Personas al medio físico. Puertas. Requisito.*

PINA, C. *Manual de soldadura por arco eléctrico.* [en línea], Barcelona: Cano Pina, 2019. [Consulta: 26 mayo 2022]. Disponible en: <https://www-digitaliublishing-com.bdigital.sena.edu.co/a/103087>.

RIDDELL, R. y HIDALGO, P. *Diseño Estructural.* Chile: Ediciones UC, 2018 ISBN 956140463X, pp. 15-17.

RODRÍGUEZ-AVIAL, M. *Elasticidad y resistencia de materiales I.* [en línea], Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/48592>

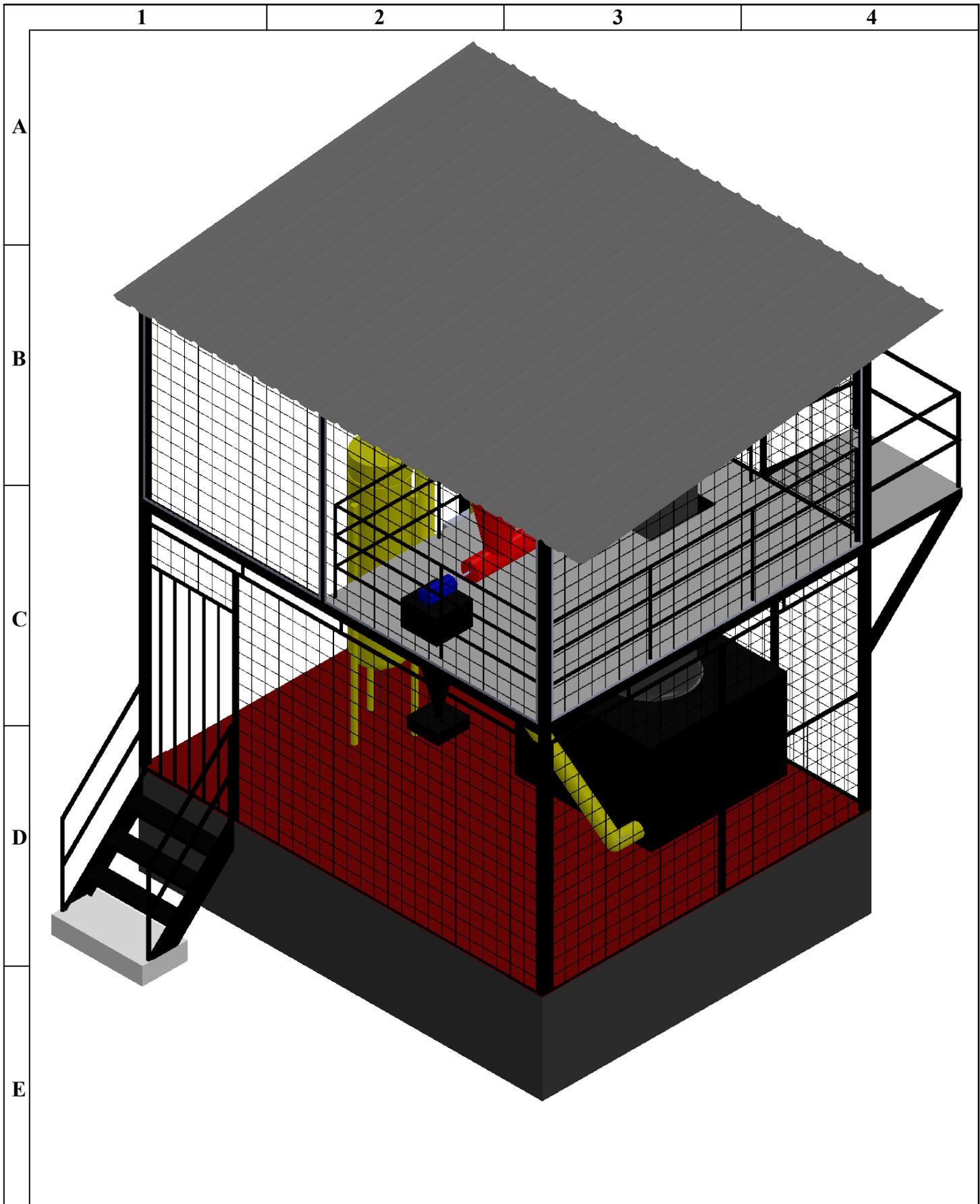
ROSETE, Juan; et al. *Mecánica de materiales: teoría y aplicaciones.* [en línea], Ciudad de México: Grupo Editorial Patria, 2018. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/40533>.

SORO , A. *Resistencia de materiales y teoría de estructuras.* [en línea], Burgos: Editorial Universidad de Burgos, 2018. [Consulta: 01 mayo 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/43971>

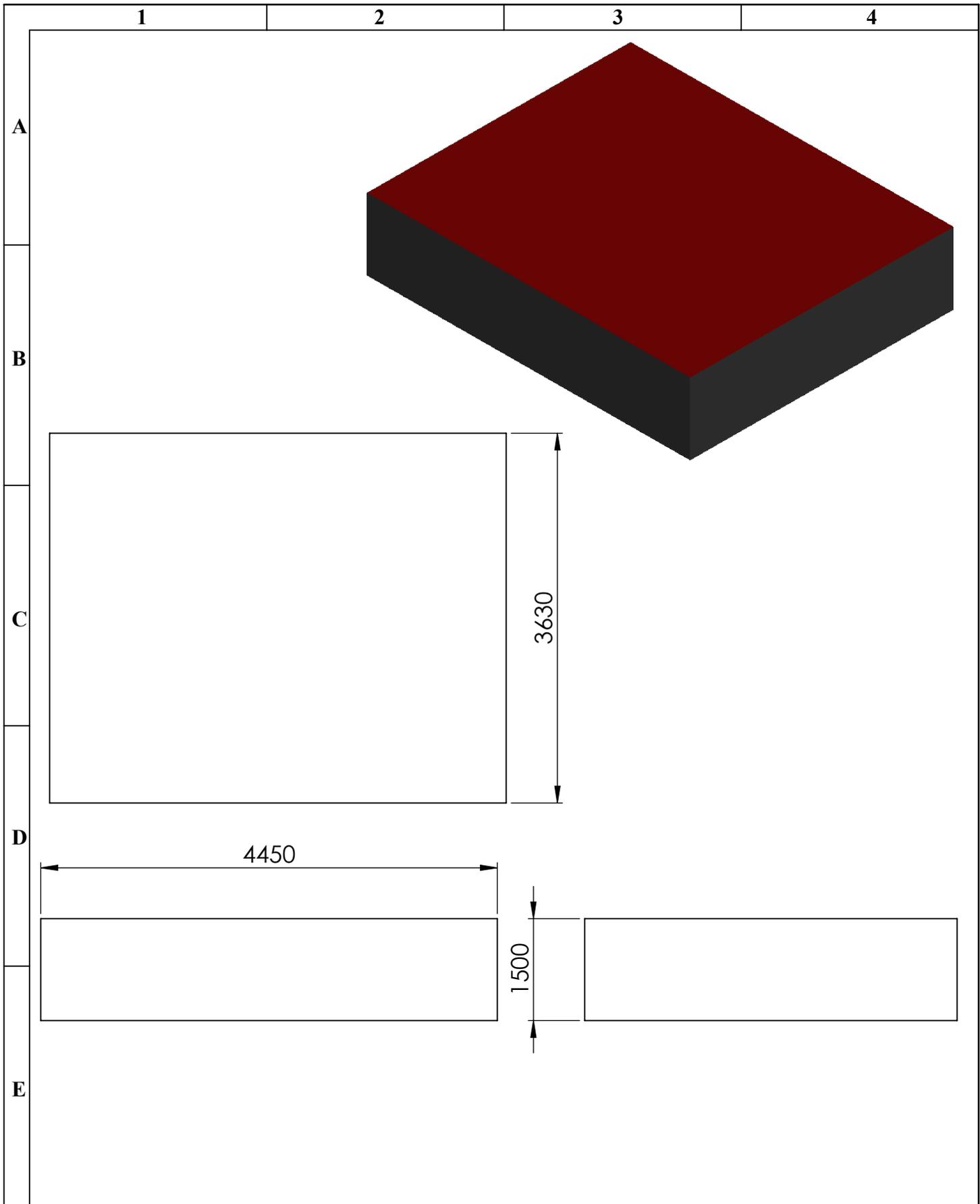
TUPIZA, Carlos. Diseño de una casa sismoresistente de dos niveles con estructura metálica. , [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional, Quito. pp. 1-131. [Consulta: 15 mayo 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4415/1/CD-4018>

WING, E. *Revit 2020 for architecture : no experience required.* Wiley, 2020. [Consulta: 18 mayo 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/188834>

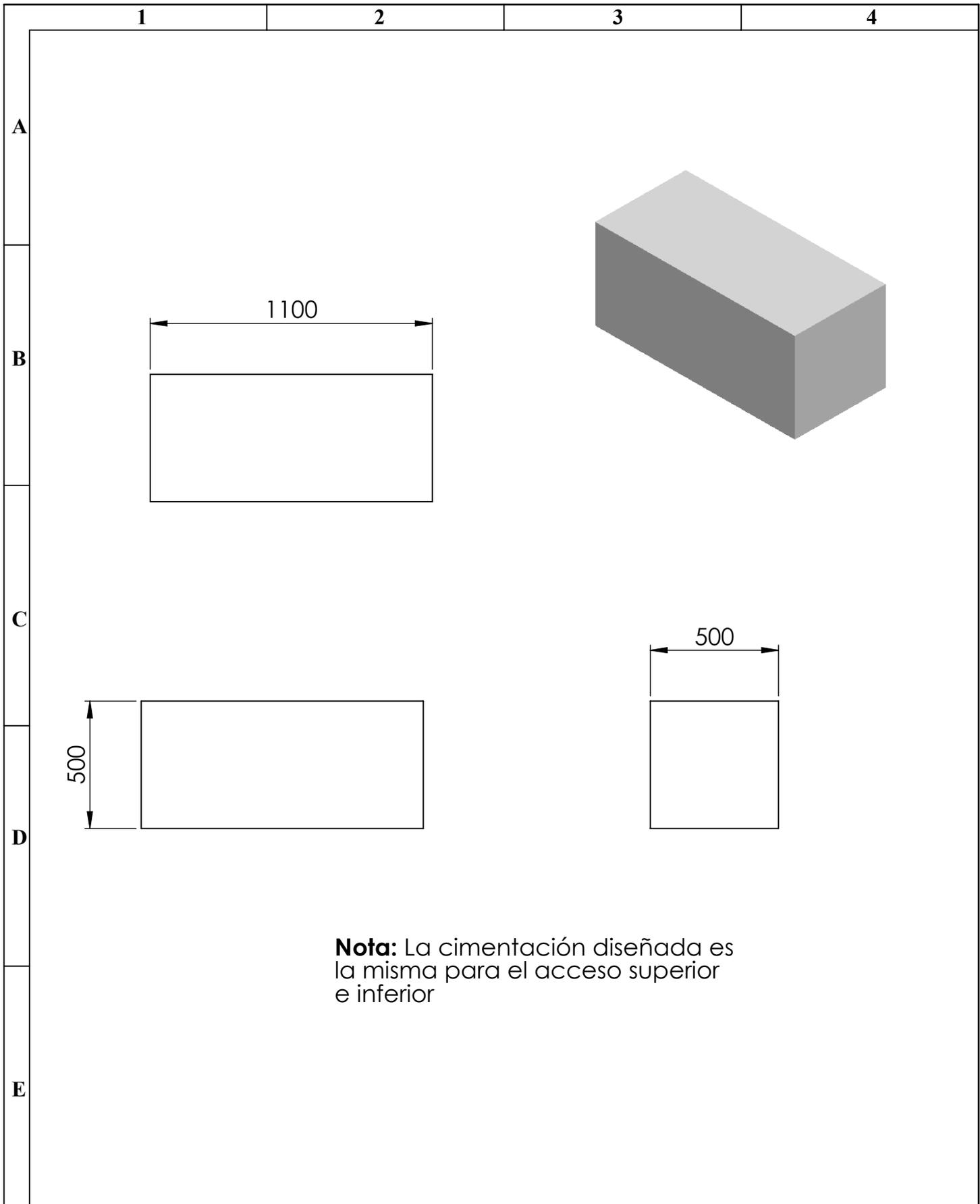
ANEXOS



N°. Lámina: 1 de 21		N°. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						DISEÑO FINAL DE LA ESTRUCTURA PARA EL GASIFICADOR		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma				Fecha		45663,66		±0,3 [mm]		1:40	
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01		Materiales: ACERO ASTM A36							
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01									
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01									
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Nombre de archivo: DISENO FINAL.sldprt				  			

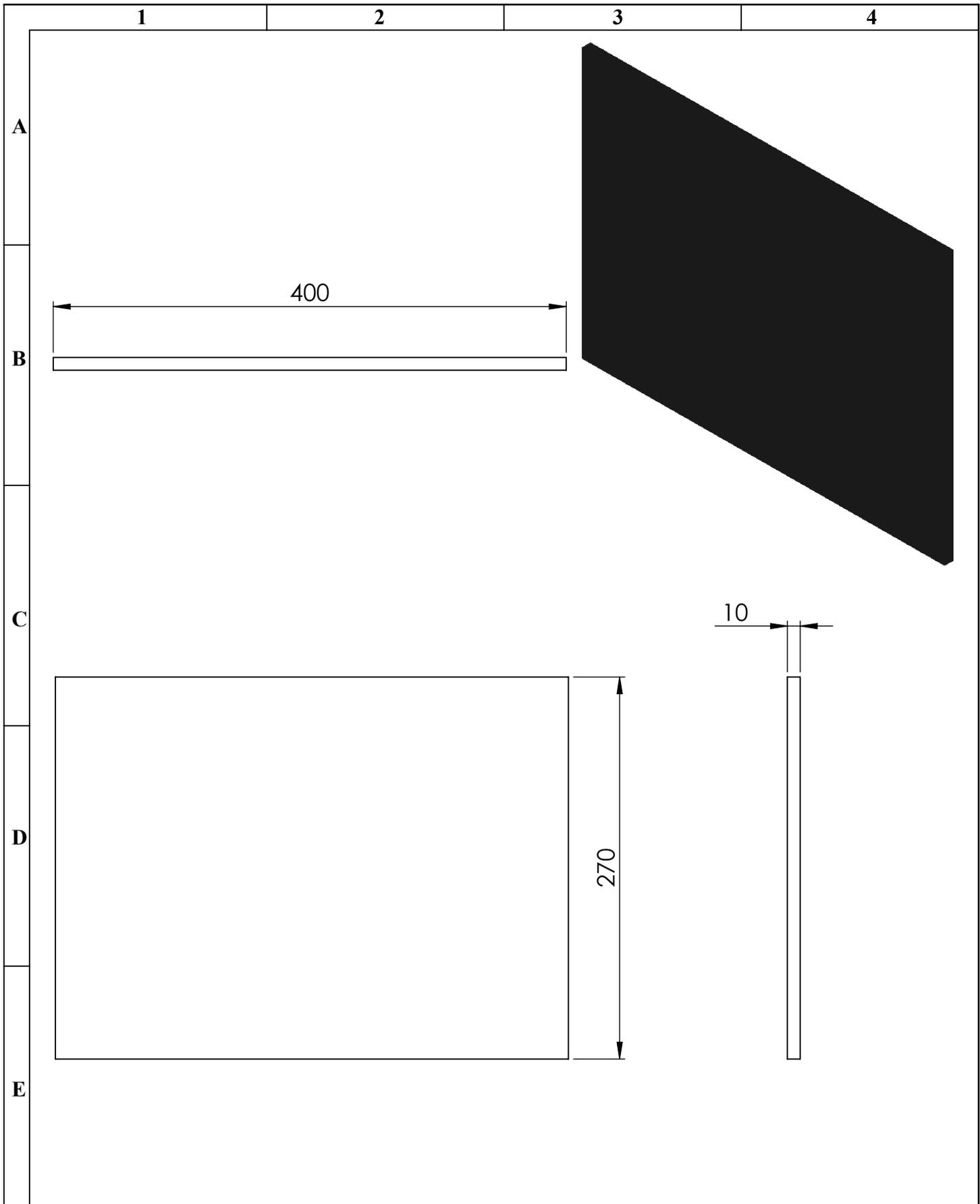


N°. Lámina: 2 de 21		N°. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		CIMENTACIÓN							
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01									
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01		38768,40		±0,3 [mm]		1:50			
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Materiales: CONCRETO							
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Nombre de archivo: CIMENTACION.sldprt							

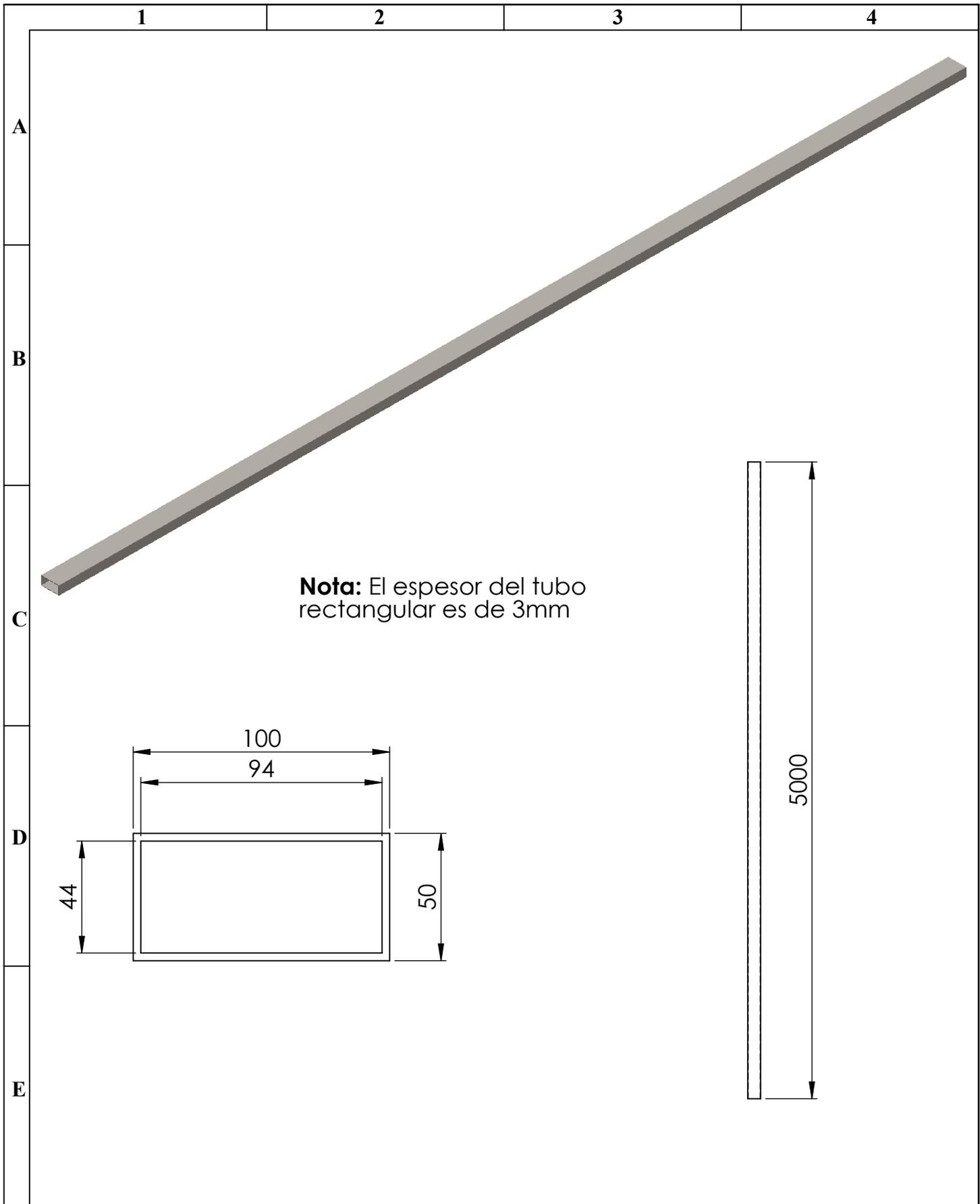


Nota: La cimentación diseñada es la misma para el acceso superior e inferior

N°. Lámina: 3 de 21		N°. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		CIMENTACIÓN ESCALERAS							
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01									
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01		660		±0,3 [mm]		1:20			
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Materiales: CONCRETO							
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Nombre de archivo: CIMENTACION ESCALERAS.sldprt							

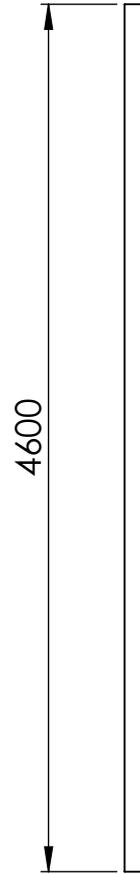
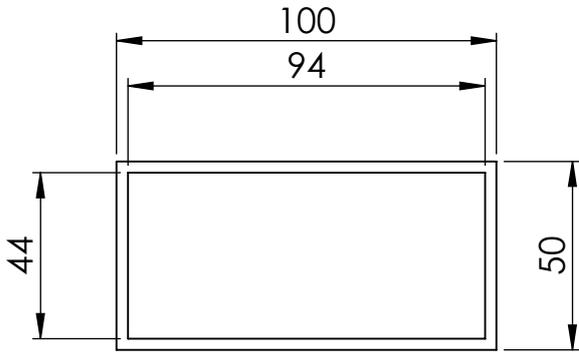
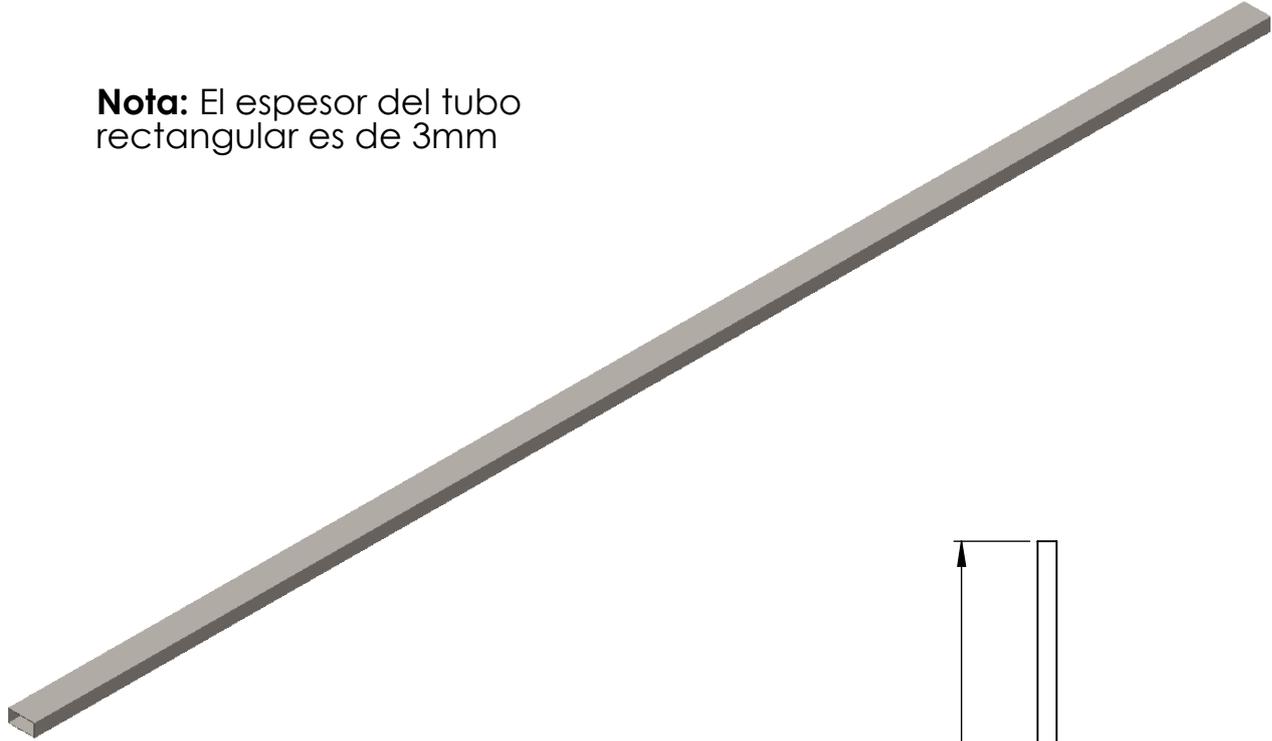


N°. Lámina: 4 de 21		N°. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PLACAS DE FIJACIÓN				9,42		±0,3 [mm]		1:4			
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01													
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01													
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01													
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Materiales: ACERO ASTM A36											
						Nombre de archivo: PLACAS DE FIJACIÓN.sldprt													



N°. Lámina: 5 de 21		N°. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL													
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro			
Datos		Nombre		Firma		Fecha		COLUMNA MAYOR				33,91		±0,3 [mm]		1:40					
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01						Materiales:									
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01						ACERO ASTM A36									
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Nombre de archivo:													
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		COLUMNA MAYOR.sldprt													

Nota: El espesor del tubo rectangular es de 3mm



N°. Lámina: 6 de 21		N°. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		COLUMNA MENOR				31,20		±0,3 [mm]		1:50			
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01						Materiales:							
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01						ACERO ASTM A36							
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Nombre de archivo:											
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		COLUMNA MENOR.sldprt											

1

2

3

4

A

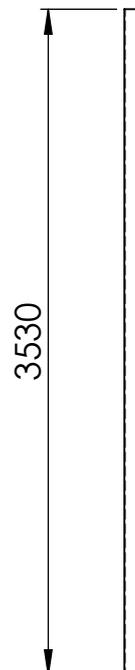
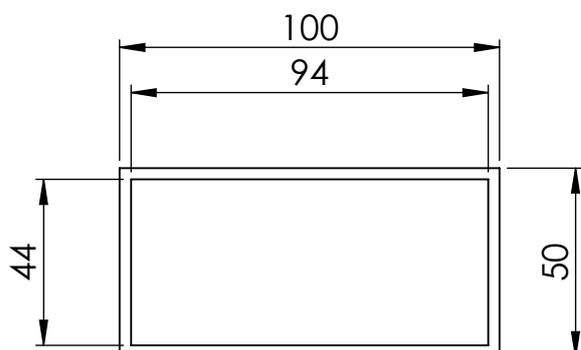
Nota: El espesor del tubo rectangular es de 3mm

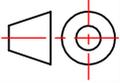
B

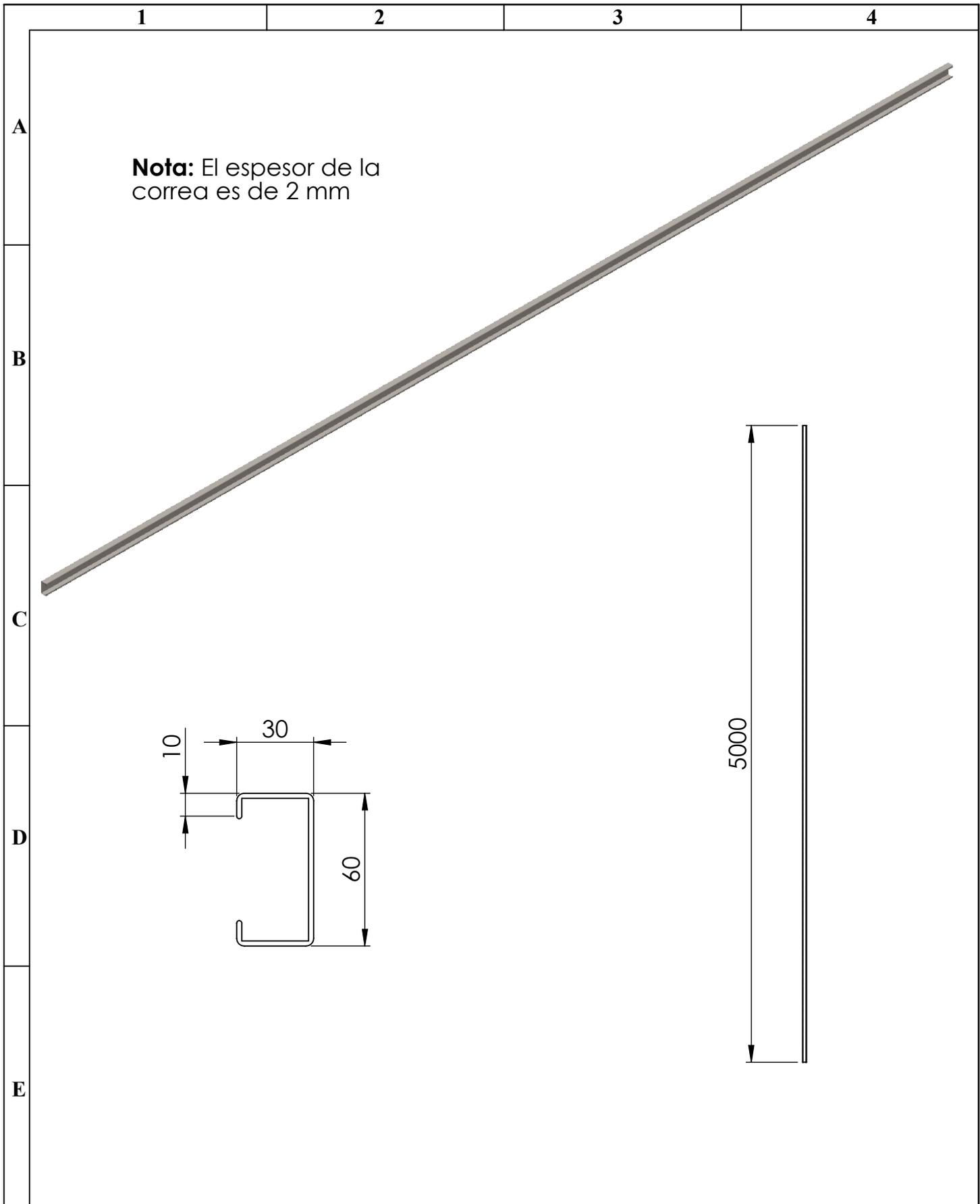
C

D

E



N°. Lámina: 7 de 21		N°. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		VIGA DE PISO							
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01									
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01									
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01									
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Materiales: ACERO ASTM A36		  					
Nombre de archivo: VIGA DE PISO.sldprt															



N°. Lámina: 8 de 21		N°. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		CORREA PARA TECHO				10,30		±0,3 [mm]		1:40			
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01													
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01						Materiales: ACERO ASTM A36							
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01						Nombre de archivo: CORREA PARA TECHO.sldprt							
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01													

1

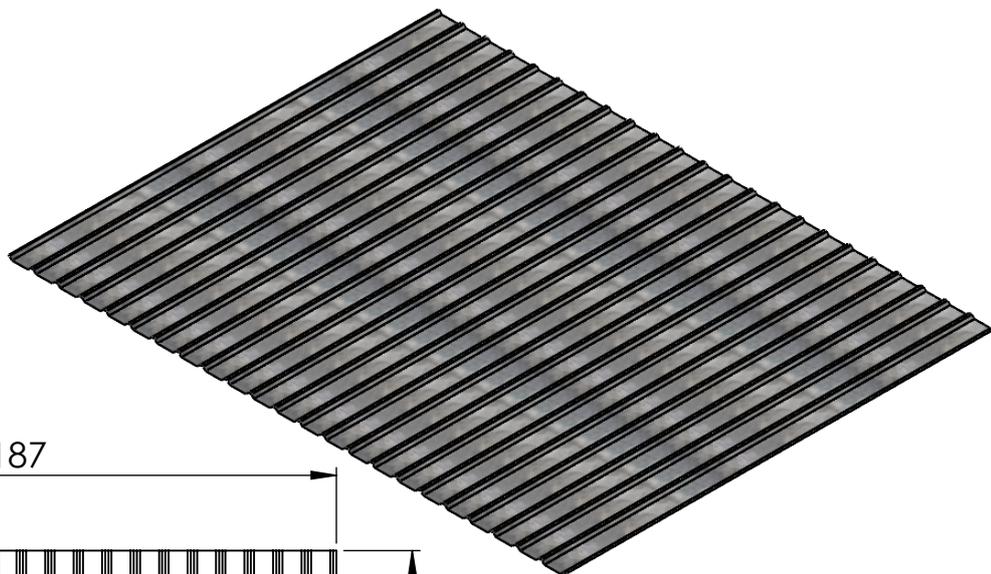
2

3

4

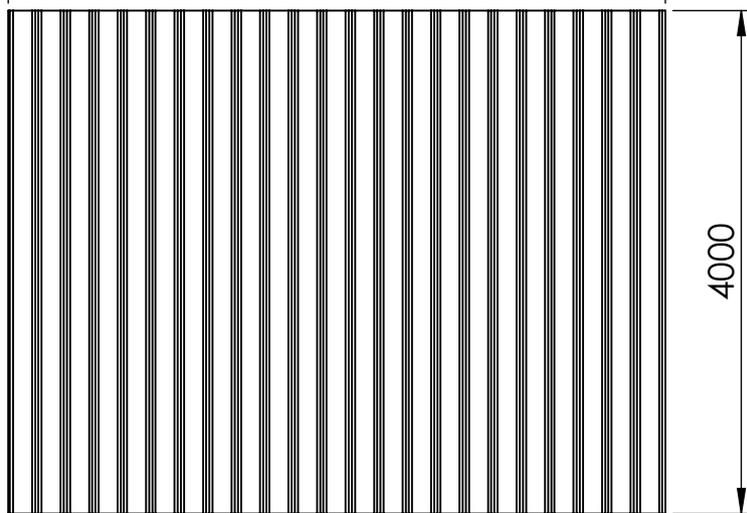
A

Nota: El espesor de la lámina de cubierta es de 0,35mm



B

5187



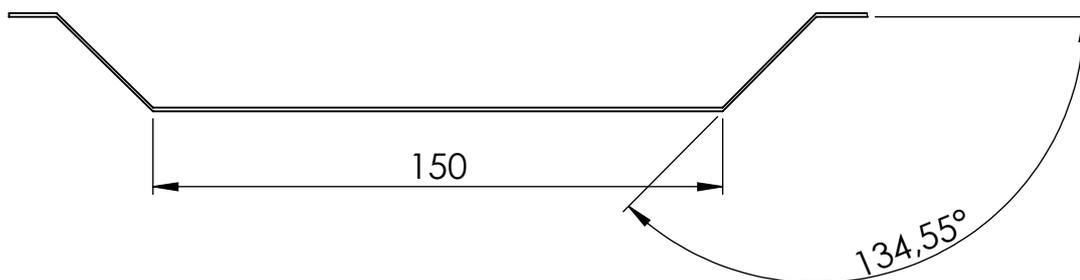
4000

C

D

A

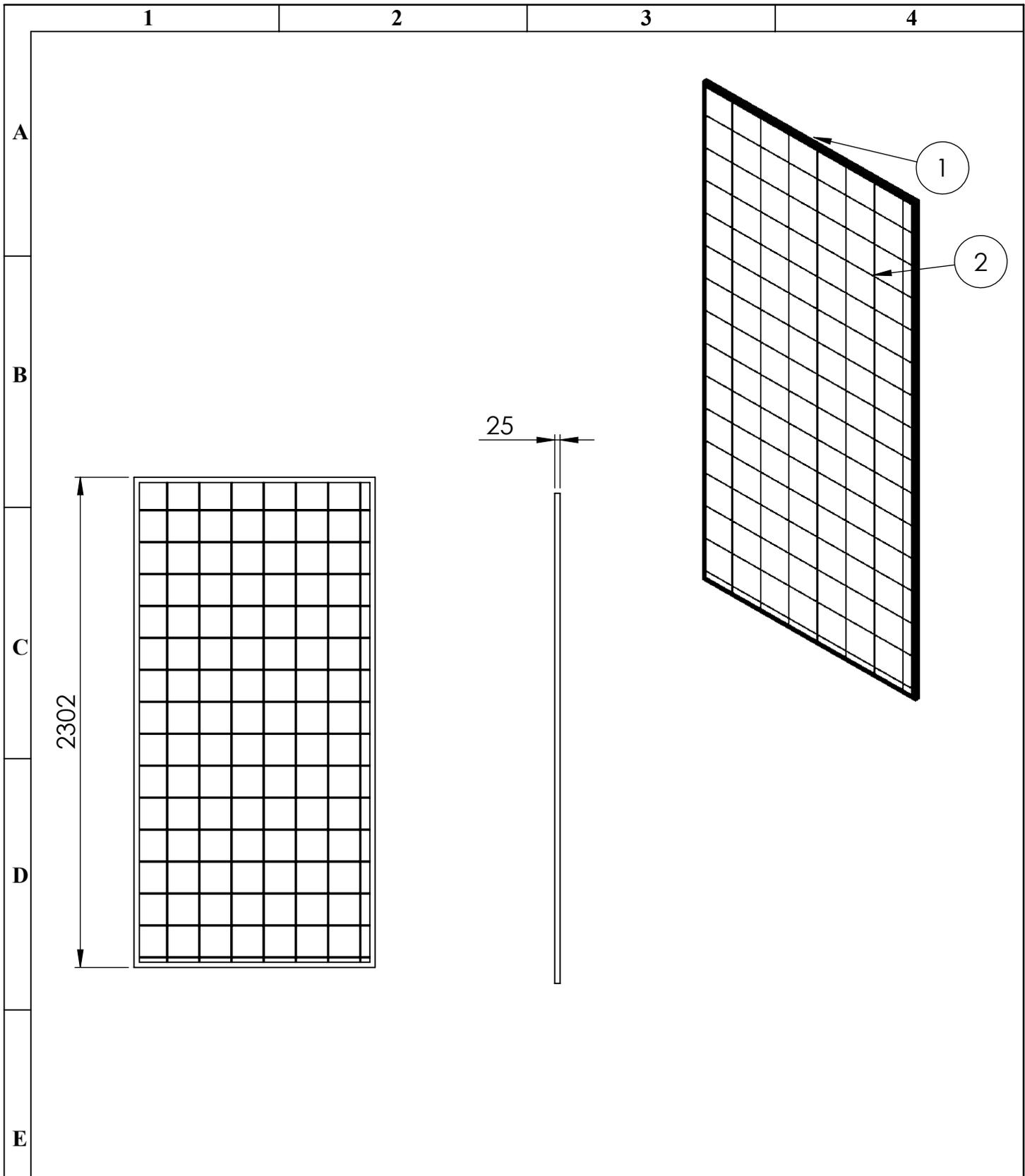
26



E

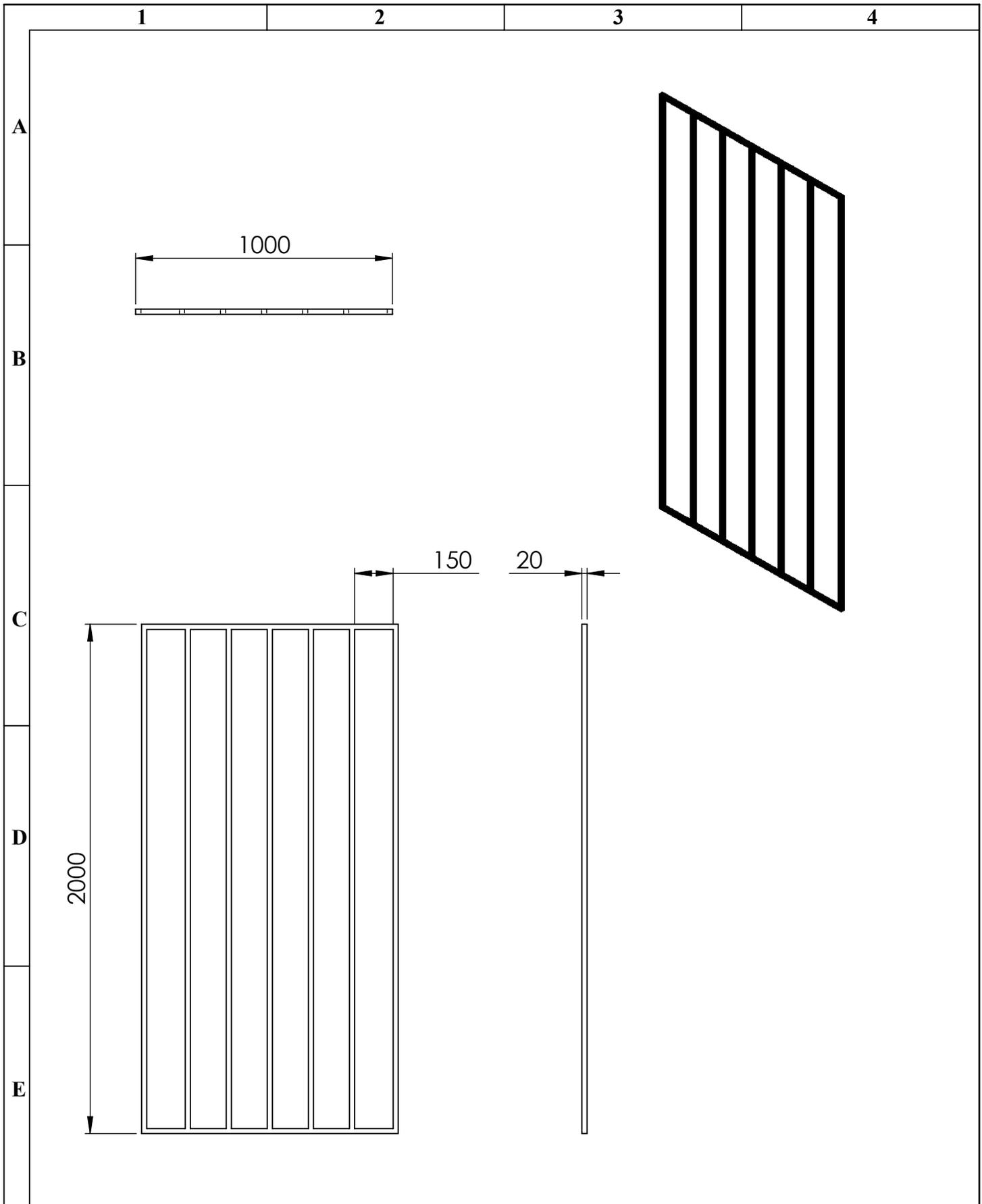
DETALLE A
ESCALA 1 : 2

Nº. Lámina: 9 de 21		Nº. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:					
Datos		Nombre		Firma		Fecha		TECHO			
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01					
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01		Materiales: ACERO ASTM A653			
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01					
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Nombre de archivo: TECHO.sldprt			

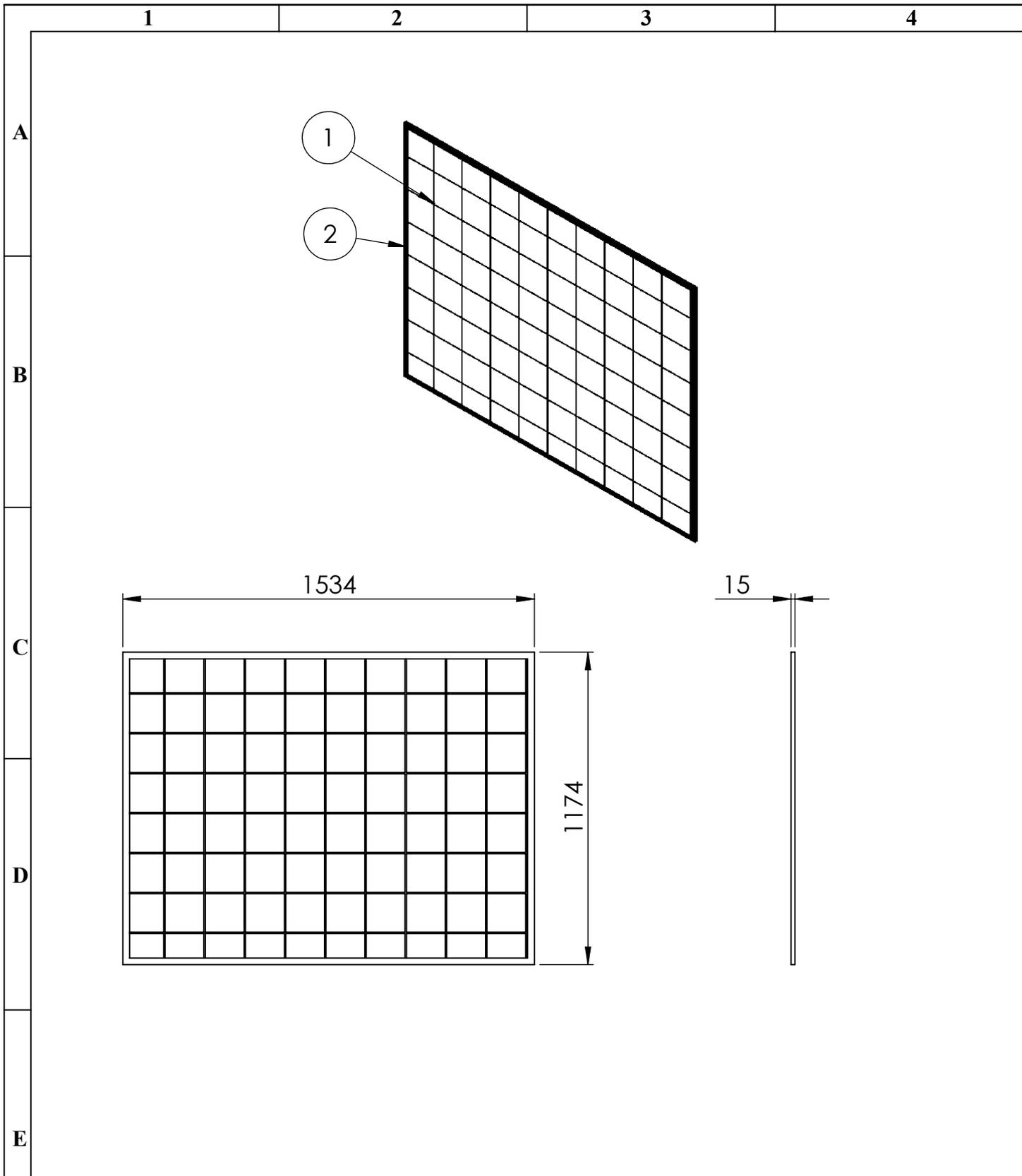


N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Ángulo de 1*1/8 pulgadas (ASTM A36)	1
2	Malla electrosoldada de 150*150 mm; diámetro de varilla 3/16"	1

N.º. Lámina: 10 de 21	N.º. Hojas: 21	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696			Denominación:				
PUERTA SUPERIOR				Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
				12,12	±0,3 [mm]	1:20	
Datos: Nombre, Firma, Fecha				Materiales: ACERO ASTM A36			
Proyecto: Molina Edwin, 2022-12-01 Dibujó: Moreta Franklin, 2022-12-01 Revisó: Ing.Naranjo Eugenia, 2022-12-01 Aprobó: Ing.Naranjo Eugenia, 2022-12-01				Nombre de archivo: PUERTA SUPERIOR.sldprt			

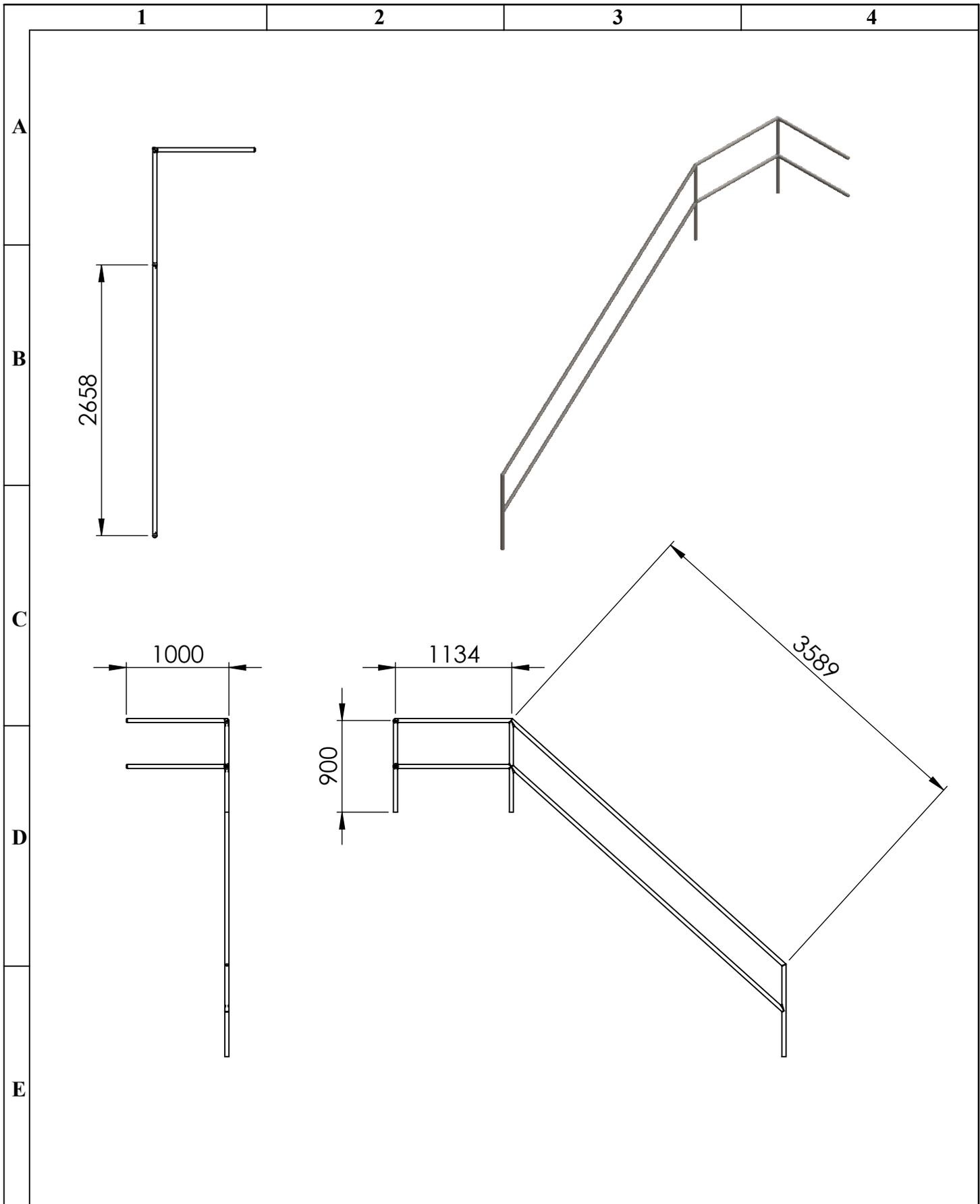


N°. Lámina: 11 de 21		N°. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PUERTA INFERIOR Materiales: ACERO ASTM A36				49,36		±0,3 [mm]		1:20			
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01													
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01													
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01													
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01		Nombre de archivo: PUERTA INFERIOR.sldprt											

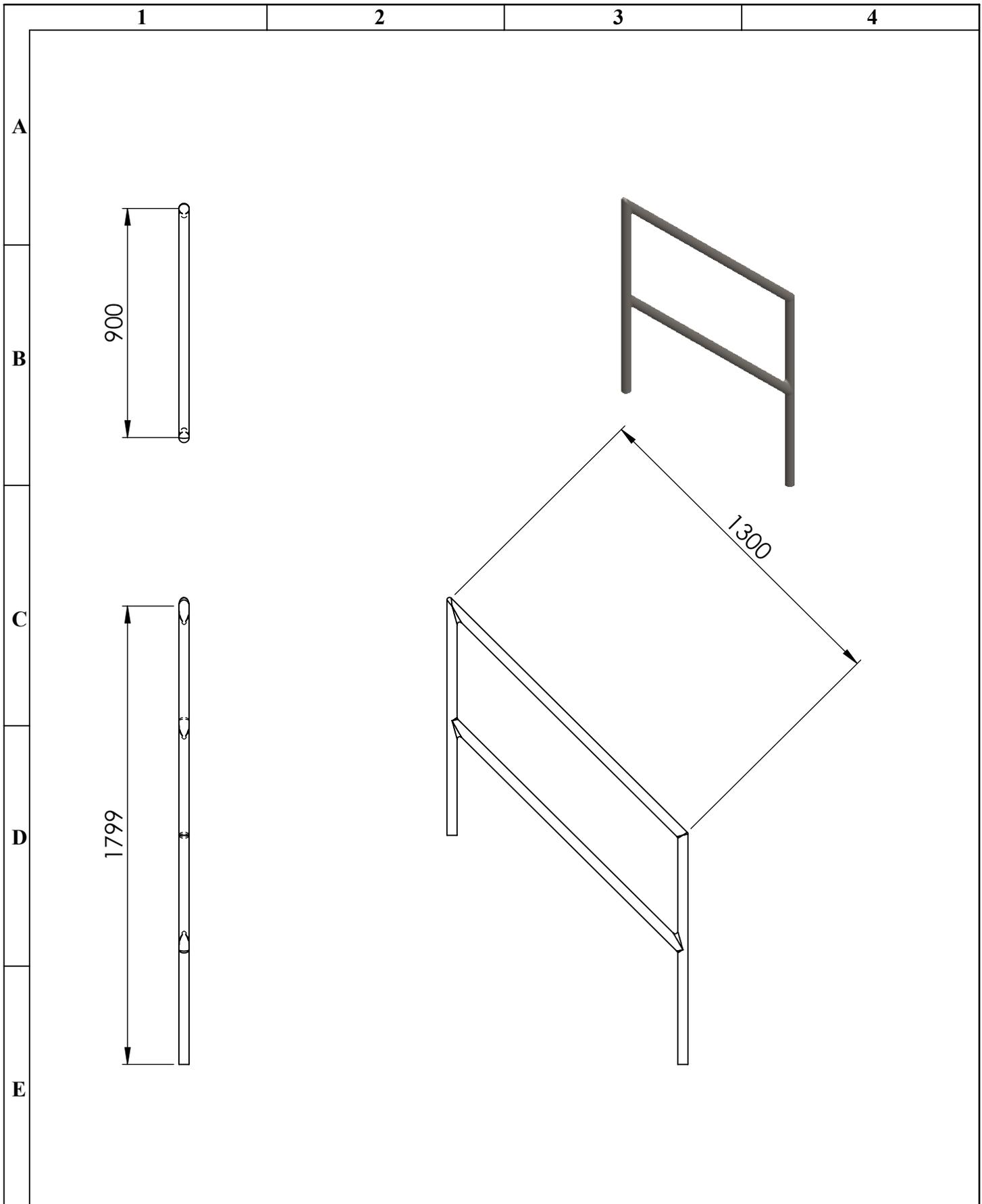


N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Malla electrosoldada de 150*150mm; diámetro de varilla 3/16"	1
2	Ángulo de 1*1/8 pulgadas (ASTM A36)	1

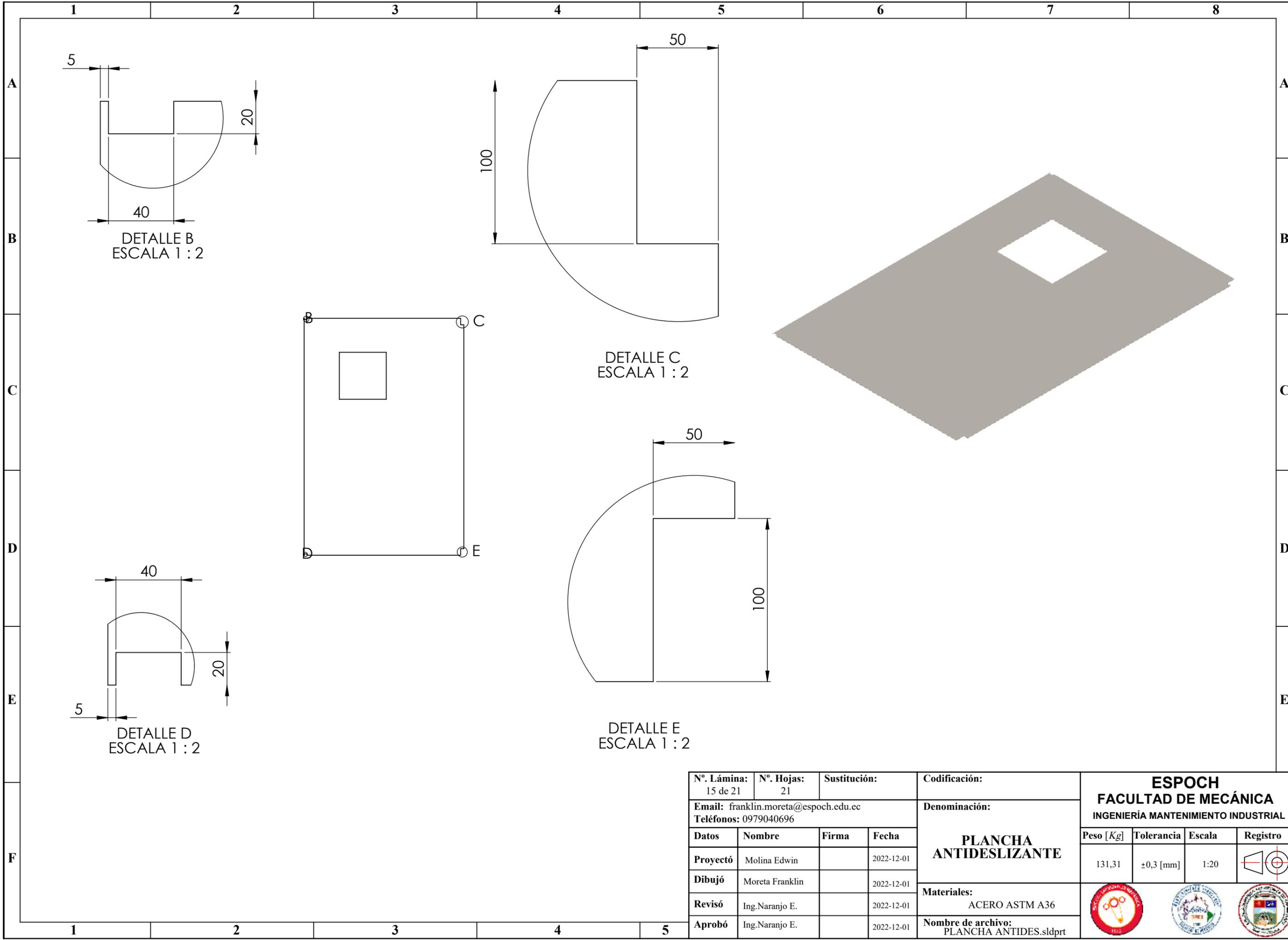
N.º. Lámina: 12 de 21	N.º. Hojas: 21	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696			Denominación:				
PUERTA DE LIMPIEZA				Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
				7,99	±0,3 [mm]	1:20	
Datos: Nombre, Firma, Fecha				Materiales: ACERO ASTM A36			
Proyectó Molina Edwin, 2022-12-01 Dibujó Moreta Franklin, 2022-12-01 Revisó Ing.Naranjo Eugenia, 2022-12-01 Aprobó Ing.Naranjo Eugenia, 2022-12-01							
Nombre de archivo: PUERTA DE LIMPIEZA.sldprt							



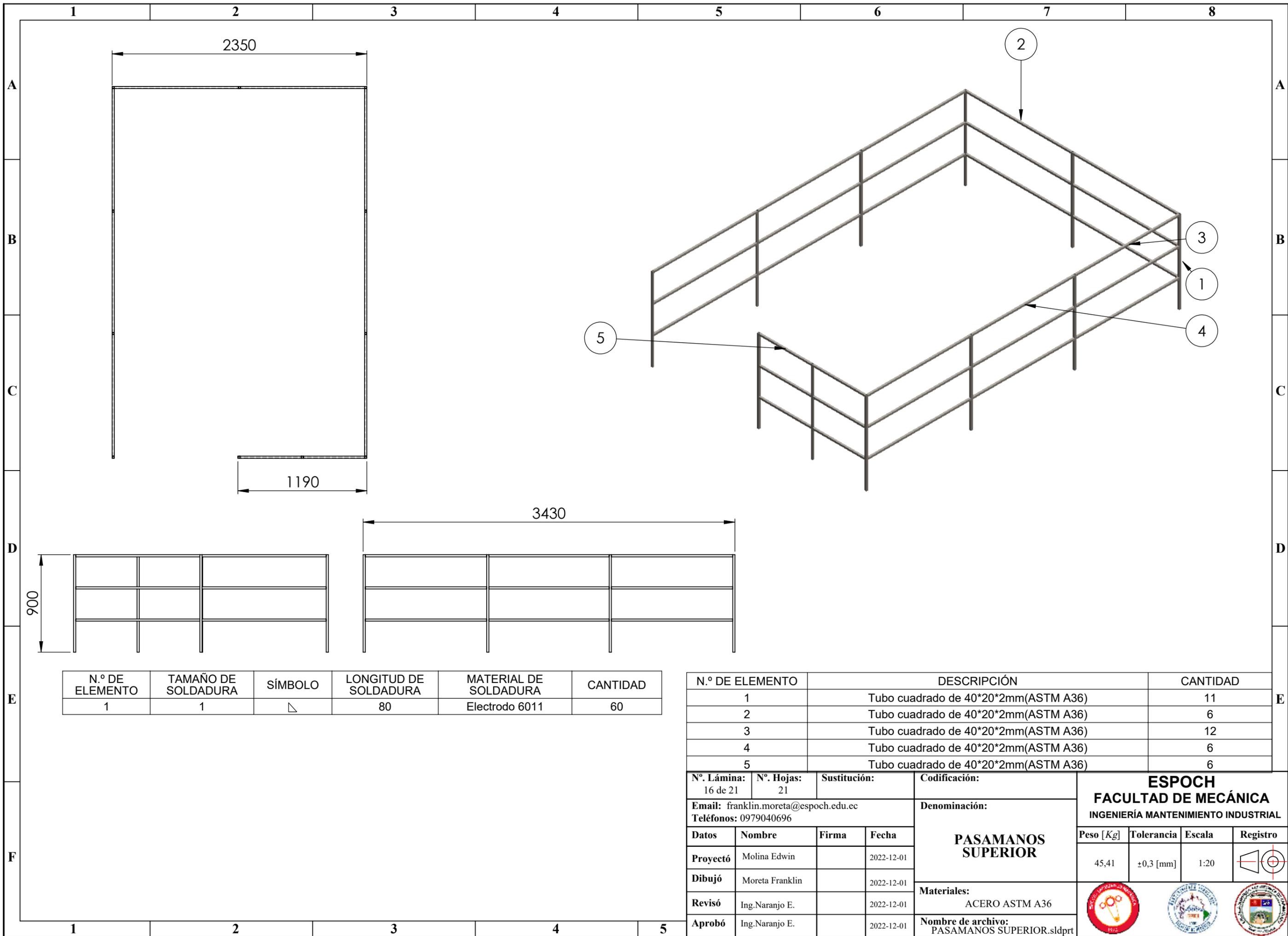
Nº. Lámina: 13 de 21		Nº. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PASAMANOS ESCALERA GRANDE				137,58		±0,3 [mm]		1:50			
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01													
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01						Materiales: ACERO ASTM A36							
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01						Nombre de archivo: PASAMANOS ESCALERA G.sldprt							
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01													



Nº. Lámina: 14 de 21		Nº. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PASAMANOS ESCALERA PEQUEÑA				42,41		±0,3 [mm]		1:20			
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01													
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01						Materiales: ACERO ASTM A36							
Revisó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01						Nombre de archivo: PASAMANOS ESCALERA P.sldprt							
Aprobó		Ing.Naranjo Eugenia.				2022-12-01													



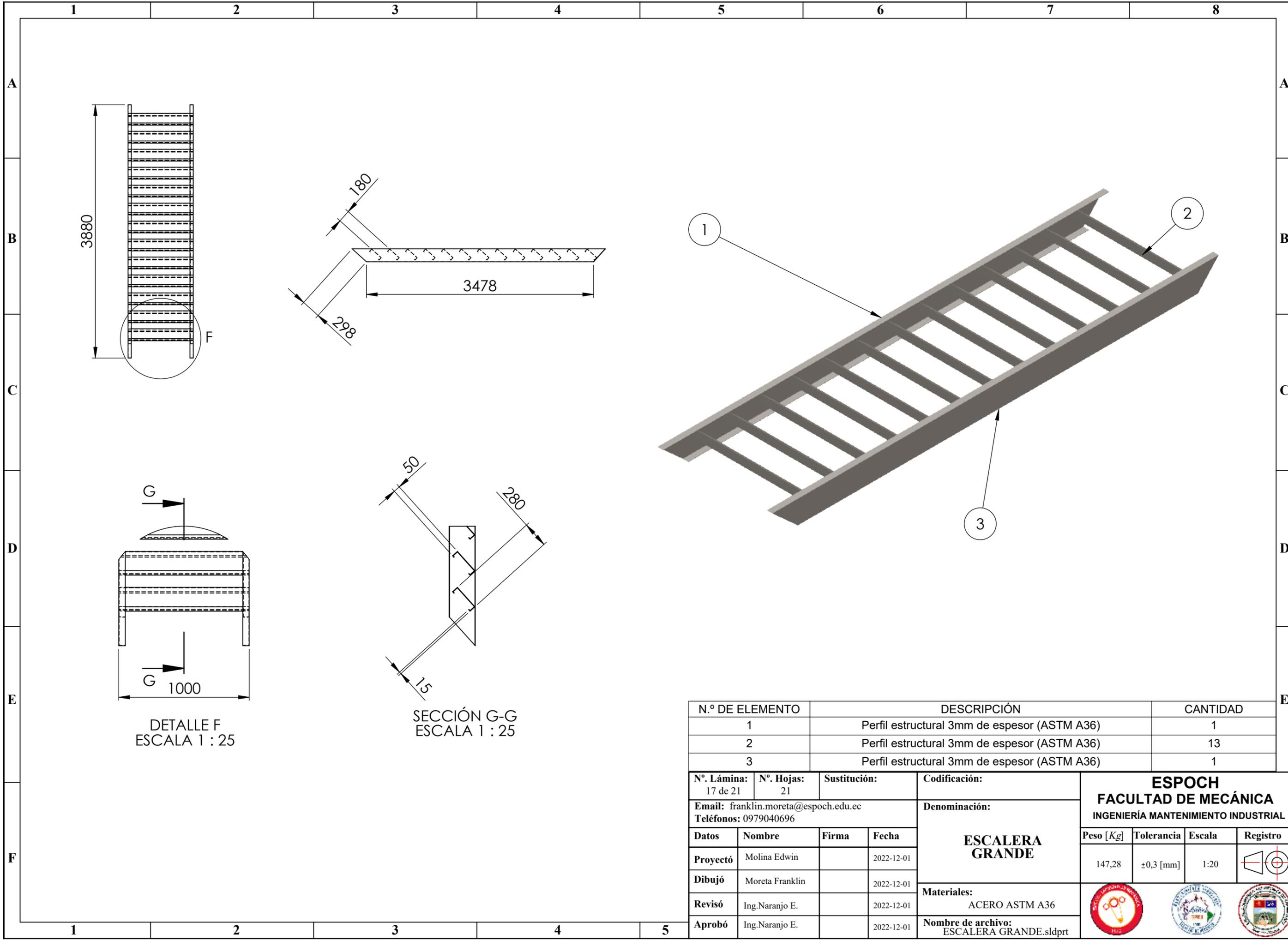
N°. Lámina: 15 de 21		N°. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: franklin.moreta@espoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PLANCHA ANTIDESLIZANTE				131,31		±0,3 [mm]		1:20			
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01													
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01													
Revisó		Ing.Naranjo E.				2022-12-01													
Aprobó		Ing.Naranjo E.				2022-12-01		Materiales: ACERO ASTM A36											
								Nombre de archivo: PLANCHA ANTIDES.sldprt											



N.º DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	1		80	Electrodo 6011	60

N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Tubo cuadrado de 40*20*2mm(ASTM A36)	11
2	Tubo cuadrado de 40*20*2mm(ASTM A36)	6
3	Tubo cuadrado de 40*20*2mm(ASTM A36)	12
4	Tubo cuadrado de 40*20*2mm(ASTM A36)	6
5	Tubo cuadrado de 40*20*2mm(ASTM A36)	6

N.º. Lámina: 16 de 21	N.º. Hojas: 21	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: franklin.moreta@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0979040696			Denominación:				
PASAMANOS SUPERIOR				ACERO ASTM A36			
Datos	Nombre	Firma	Fecha				
Proyectó	Molina Edwin		2022-12-01				
Dibujó	Moreta Franklin		2022-12-01				
Revisó	Ing.Naranjo E.		2022-12-01				
Aprobó	Ing.Naranjo E.		2022-12-01	Nombre de archivo: PASAMANOS SUPERIOR.sldprt			

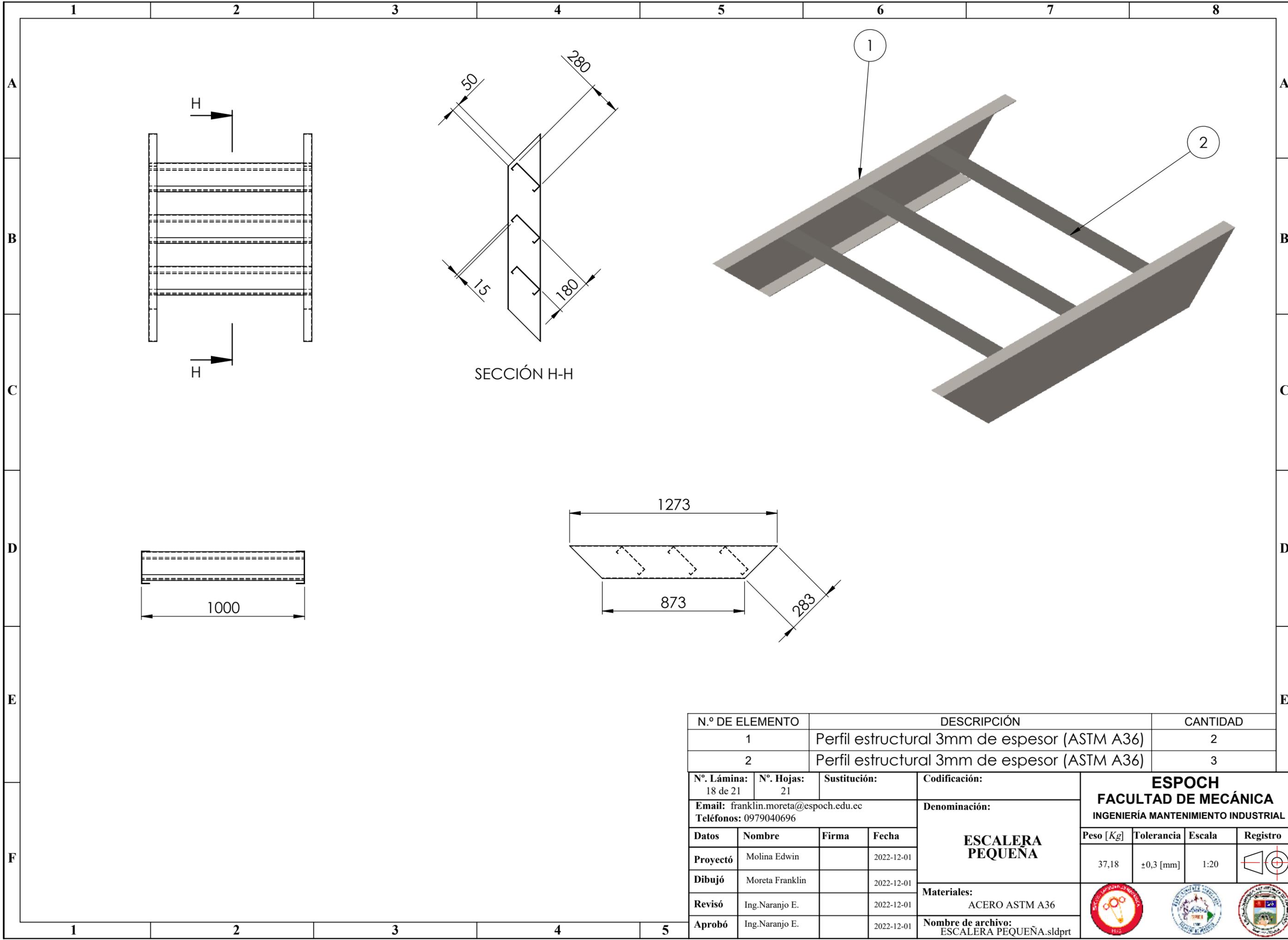


DETALLE F
ESCALA 1 : 25

SECCIÓN G-G
ESCALA 1 : 25

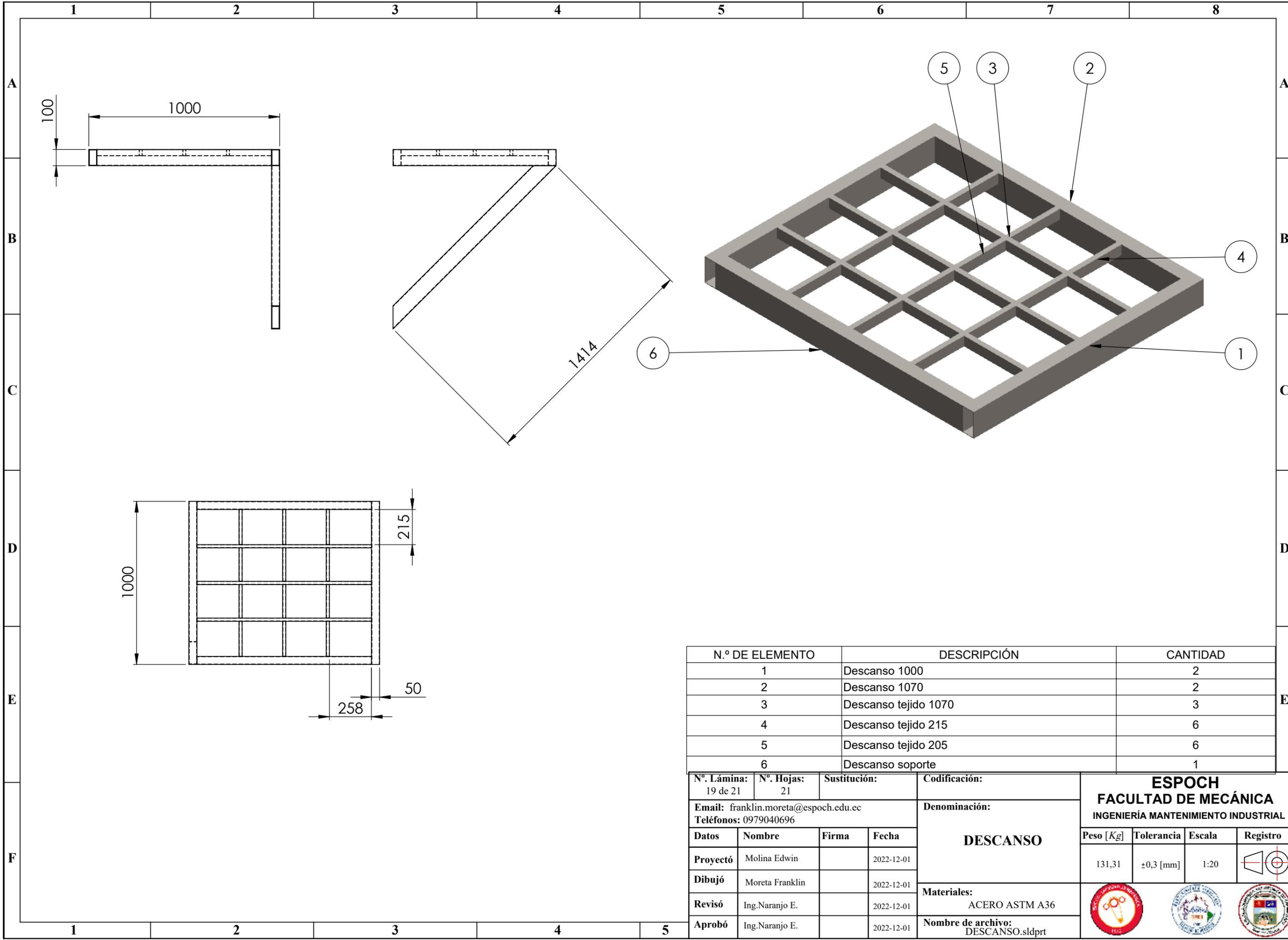
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Perfil estructural 3mm de espesor (ASTM A36)	1
2	Perfil estructural 3mm de espesor (ASTM A36)	13
3	Perfil estructural 3mm de espesor (ASTM A36)	1

N.º Lámina: 17 de 21	N.º Hojas: 21	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: franklin.moreta@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0979040696			Denominación:				
ESCALERA GRANDE				Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha	147,28	±0,3 [mm]	1:20	
Proyectó	Molina Edwin		2022-12-01	Materiales: ACERO ASTM A36 			
Dibujó	Moreta Franklin		2022-12-01				
Revisó	Ing.Naranjo E.		2022-12-01				
Aprobó	Ing.Naranjo E.		2022-12-01	Nombre de archivo: ESCALERA GRANDE.sldprt			



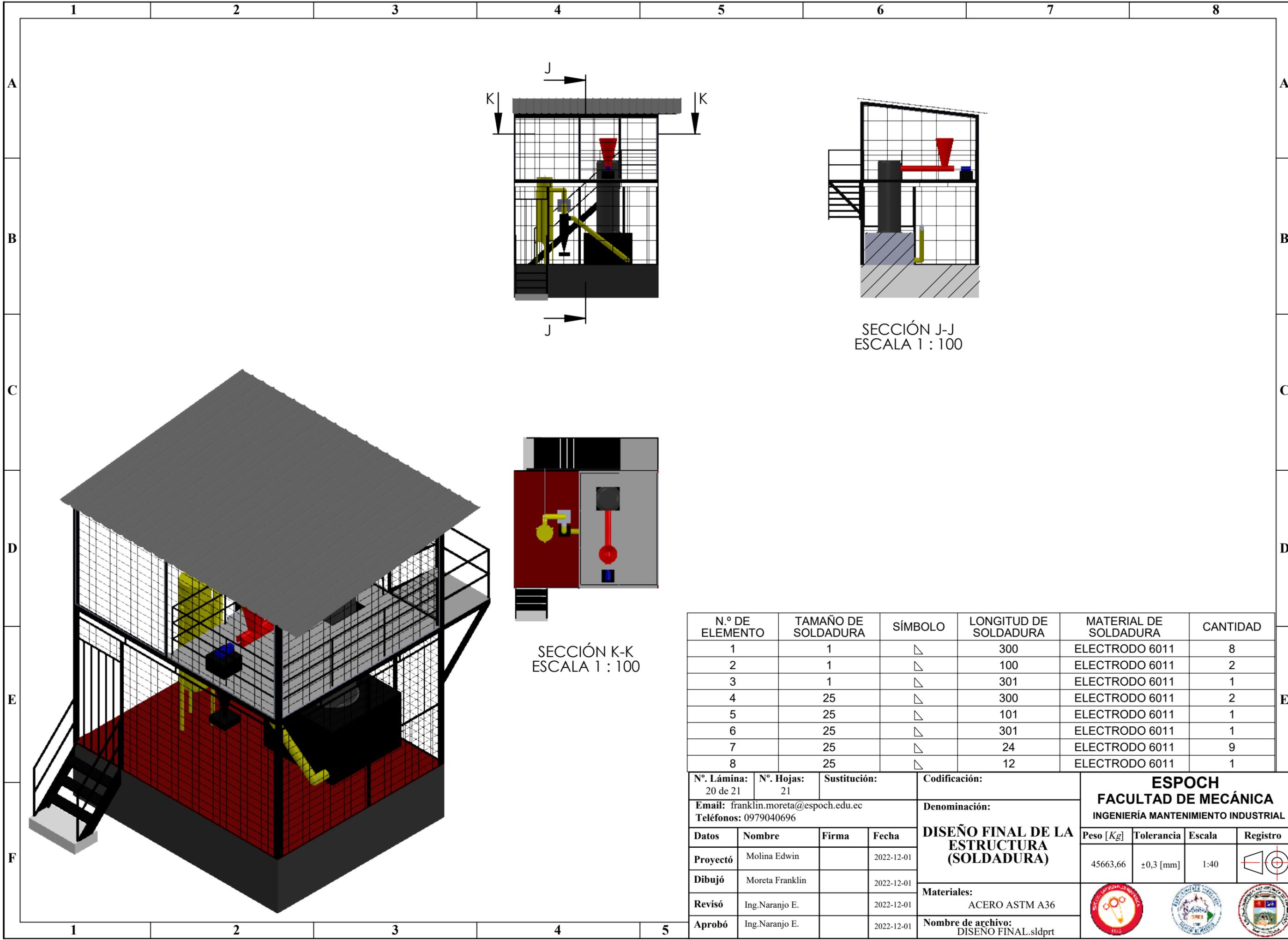
N.º DE ELEMENTO		DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	
1		Perfil estructural 3mm de espesor (ASTM A36)		2	
2		Perfil estructural 3mm de espesor (ASTM A36)		3	

N.º Lámina: 18 de 21	N.º Hojas: 21	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Email: franklin.moreta@epoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696			Denominación:					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	ESCALERA PEQUEÑA	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó	Molina Edwin		2022-12-01		37,18	±0,3 [mm]	1:20	
Dibujó	Moreta Franklin		2022-12-01		Materiales: ACERO ASTM A36			
Revisó	Ing.Naranjo E.		2022-12-01					
Aprobó	Ing.Naranjo E.		2022-12-01	Nombre de archivo: ESCALERA PEQUEÑA.sldprt				



N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Descanso 1000	2
2	Descanso 1070	2
3	Descanso tejido 1070	3
4	Descanso tejido 215	6
5	Descanso tejido 205	6
6	Descanso soporte	1

N.º Lámina: 19 de 21	N.º Hojas: 21	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL						
Email: franklin.moreta@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0979040696			Denominación:					Peso [Kg]	Tolerancia	Escala
DESCANSO				Materiales: ACERO ASTM A36						
				Datos	Nombre	Firma	Fecha	131,31 ±0,3 [mm] 1:20		
				Proyectó	Molina Edwin		2022-12-01			
				Dibujó	Moreta Franklin		2022-12-01			
				Revisó	Ing.Naranjo E.		2022-12-01			
Aprobó	Ing.Naranjo E.		2022-12-01	Nombre de archivo: DESCANSO.sldprt						



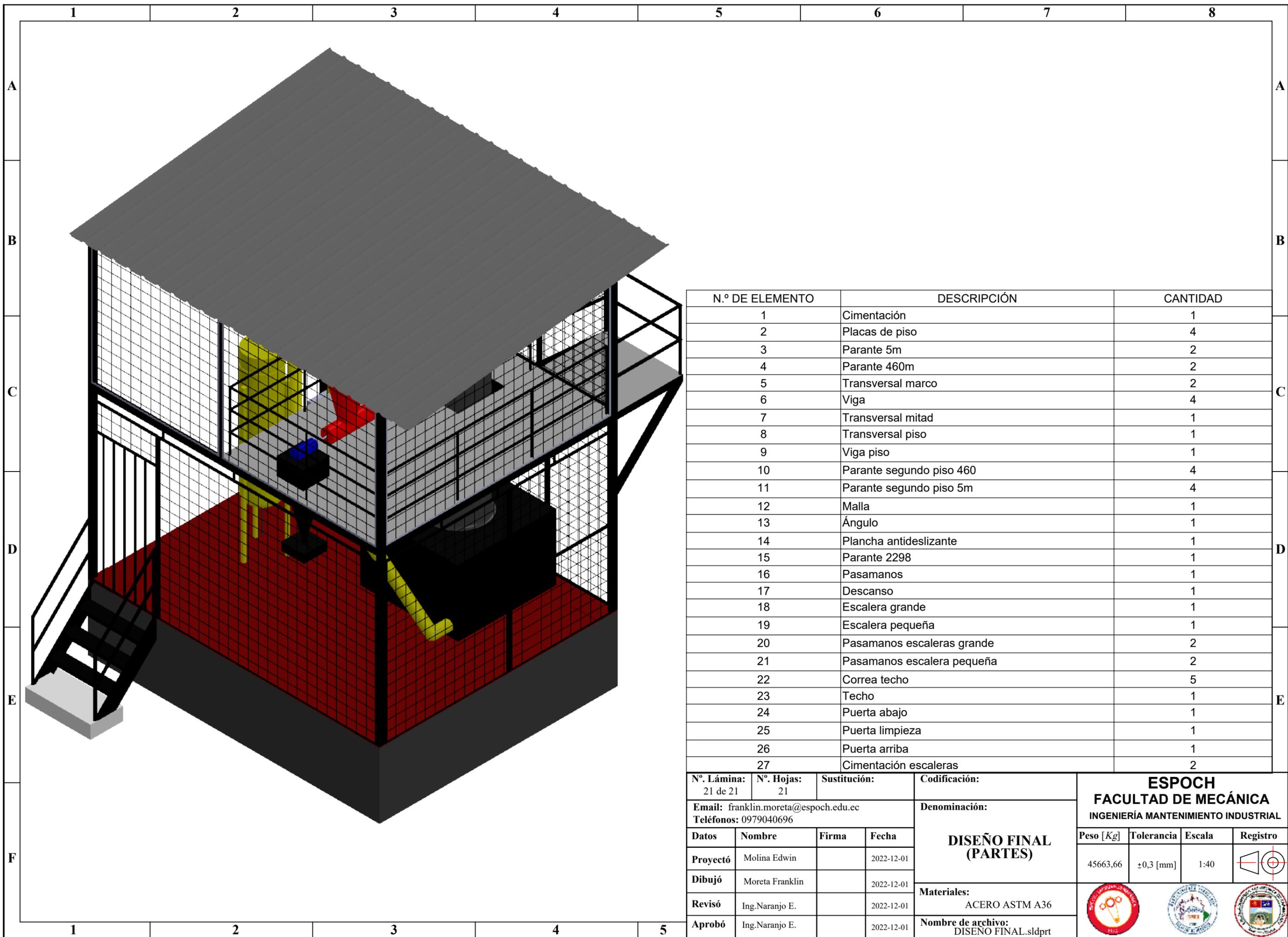
SECCIÓN J-J
ESCALA 1 : 100

SECCIÓN K-K
ESCALA 1 : 100

N.º DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	1	▷	300	ELECTRODO 6011	8
2	1	▷	100	ELECTRODO 6011	2
3	1	▷	301	ELECTRODO 6011	1
4	25	▷	300	ELECTRODO 6011	2
5	25	▷	101	ELECTRODO 6011	1
6	25	▷	301	ELECTRODO 6011	1
7	25	▷	24	ELECTRODO 6011	9
8	25	▷	12	ELECTRODO 6011	1

N.º. Lámina: 20 de 21		N.º. Hojas: 21		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: franklin.moreta@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0979040696						Denominación:					
Datos		Nombre		Firma		Fecha		DISEÑO FINAL DE LA ESTRUCTURA (SOLDADURA) Materiales: ACERO ASTM A36			
Proyectó		Molina Edwin				2022-12-01					
Dibujó		Moreta Franklin				2022-12-01					
Revisó		Ing.Naranjo E.				2022-12-01					
Aprobó		Ing.Naranjo E.				2022-12-01		Nombre de archivo: DISEÑO FINAL.sldprt			





N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Cimentación	1
2	Placas de piso	4
3	Parante 5m	2
4	Parante 460m	2
5	Transversal marco	2
6	Viga	4
7	Transversal mitad	1
8	Transversal piso	1
9	Viga piso	1
10	Parante segundo piso 460	4
11	Parante segundo piso 5m	4
12	Malla	1
13	Ángulo	1
14	Plancha antideslizante	1
15	Parante 2298	1
16	Pasamanos	1
17	Descanso	1
18	Escalera grande	1
19	Escalera pequeña	1
20	Pasamanos escaleras grande	2
21	Pasamanos escalera pequeña	2
22	Correa techo	5
23	Techo	1
24	Puerta abajo	1
25	Puerta limpieza	1
26	Puerta arriba	1
27	Cimentación escaleras	2

Nº. Lámina: 21 de 21	Nº. Hojas: 21	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: franklin.moreta@espoch.edu.ec Teléfonos: 0979040696			Denominación:								
DISEÑO FINAL (PARTES)				Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro				
				45663,66	±0,3 [mm]	1:40					
				Materiales:							
				ACERO ASTM A36							
				Nombre de archivo:				DISEÑO FINAL.sldprt			
Datos	Nombre	Firma	Fecha								
Proyectó	Molina Edwin		2022-12-01								
Dibujó	Moreta Franklin		2022-12-01								
Revisó	Ing.Naranjo E.		2022-12-01								
Aprobó	Ing.Naranjo E.		2022-12-01								