



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE
GASES PROVENIENTES DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO
DEL TALLER DE SOLDADURA DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA DE LA ESPOCH**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES:

DENNIS PAUL PANCHI TERAN

FRANCISCO RAFAEL TAMAMI CASPI

Riobamba-Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE
GASES PROVENIENTES DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO
DEL TALLER DE SOLDADURA DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA DE LA ESPOCH**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: DENNIS PAUL PANCHI TERAN

FRANCISCO RAFAEL TAMAMI CASPI

DIRECTOR: Ing. LUIS SANTIAGO CHOTO CHARIGUAMÁN

Riobamba-Ecuador

2024

© 2024, Dennis Paul Panchi Teran & Francisco Rafael Tamami Caspi

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 los Derechos de los Autores.

Nosotros, Dennis Paul Panchi Teran y Francisco Rafael Tamami Caspi, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este 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, 26 de junio 2024



Dennis Paul Panchi Teran

C.I: 172392710-7

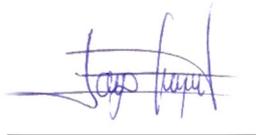


Francisco Rafael Tamami Caspi

C.I: 020239457-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES PROVENIENTES DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO DEL TALLER DE SOLDADURA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH**”, realizado por los señores: **DENNIS PAUL PANCHI TERAN** y **FRANCISCO RAFAEL TAMAMI CASPI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2024-06-26
Ing. Luis Santiago Choto Chariguamán DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-06-26
Ing. Nelson Santiago Chuquín Vasco ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-06-26

DEDICATORIA

Con profunda gratitud dedico este trabajo a mis padres Angel Tamami y Carmen Caspi que han sido el pilar fundamental en mi vida inspirándome a mejorar; a mis hermanos Gissela y Danilo quienes son compañeros incondicionales; a mi familia paterna y materna, que siempre han estado al pendiente y brindándome su apoyo; a mis amigos, por su compañerismo y alegría; y a todos aquellos quienes han formado parte de este camino. Agradezco infinitamente la confianza y el cariño que han demostrado durante esta etapa universitaria.

Francisco

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la salud, la fortaleza y la perseverancia necesaria para alcanzar esta meta. A mis padres Angel Tamami y Carmen Caspi, por su amor incondicional, sus sacrificios y por siempre creer en mí. Su apoyo constante ha sido fundamental durante mi carrera universitaria. A los docentes de la Carrera de Mecánica, quienes a lo largo de estos años me han brindado las herramientas académicas y el conocimiento necesario para formarme profesionalmente, en especial al Ing. Santiago Choto y al Ing. Santiago Chuquin que formaron parte del desarrollo de este trabajo de titulación. A mis compañeros y amigos, con quienes compartimos momentos de estudio, esfuerzo y alegría marcando experiencias inolvidables. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo por ello siempre serán recordados con gratitud.

Francisco

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

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

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Calidad del aire.....	5
2.2. Procesos de soldadura.....	5
2.2.1. <i>Soldadura por arco eléctrico</i>	6
2.2.2. <i>Soldadura de arco con gas GMAW</i>	8
2.2.3. <i>Soldadura de arco de tungsteno GTAW</i>	10
2.2.3.1. <i>Electrodo no consumible de tungsteno</i>	10
2.2.3.2. <i>Gas inerte</i>	11
2.2.3.3. <i>Metal de aporte</i>	11
2.2.4. <i>Soldadura oxiacetilénica</i>	11
2.2.4.1. <i>Manorreductores</i>	12
2.2.4.2. <i>Válvula antirretroceso</i>	12

2.2.4.3.	<i>Normas de seguridad</i>	13
2.2.4.4.	<i>Exposición a humos de la soldadura oxiacetilénica</i>	13
2.3.	Gases provenientes de procesos de soldadura	14
2.3.1.	<i>Aspecto granulométrico de humos y gases de procesos de soldadura</i>	15
2.3.2.	<i>Efectos de los gases de los procesos de soldadura en la salud del ser humano</i>	16
2.4.	Sistemas de extracción	16
2.4.1.	<i>Disposición del sistema</i>	17
2.4.2.	<i>Extractores de humo</i>	17
2.4.2.1.	<i>Sistemas de extracción</i>	17
2.5.	Componentes de los sistemas de extracción	19
2.5.1.	<i>Campanas de extracción fijas</i>	19
2.5.1.1.	<i>Velocidad de captación</i>	20
2.5.1.2.	<i>Consideraciones para el dimensionamiento de la campana</i>	22
2.5.2.	<i>Mangas móviles de extracción</i>	23
2.5.3.	<i>Caudal de extracción</i>	24
2.5.4.	<i>Extractor en la pistola de soldar</i>	26
2.5.5.	<i>Ductos</i>	26
2.5.5.1.	<i>Tipos de ductos</i>	26
2.5.5.2.	<i>Material para ductos</i>	26
2.5.5.3.	<i>Circulación de aire por conductos</i>	27
2.6.	Sistemas de ventilación	29
2.7.	Ventilación industrial	30
2.7.1.	<i>Ventiladores</i>	30
2.7.1.1.	<i>Ventiladores centrífugos</i>	31
2.7.1.2.	<i>Ventiladores axiales</i>	32

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	34
3.1.	Concentración de agentes tóxicos en el proceso SMAW	34
3.1.1.	<i>Calidad del aire antes de usar las soldadoras</i>	34
3.1.2.	<i>Calidad del aire durante los procesos de soldadura</i>	34
3.1.3.	<i>Calidad de aire después del uso de las soldadoras</i>	37
3.2.	Parámetros de diseño	37
3.3.	Despliegue de la función de calidad (QFD)	38
3.3.1.	<i>Análisis de competencias</i>	38
3.3.2.	<i>Requerimientos del usuario</i>	39

3.3.3.	<i>Necesidades del cliente</i>	40
3.3.4.	<i>Casa de la calidad</i>	40
3.4.	Diseño conceptual	43
3.4.1.	<i>Estructura funcional</i>	43
3.4.2.	<i>Estructura modular</i>	44
3.4.3.	<i>Matriz morfológica</i>	45
3.4.3.1.	<i>Alternativas de solución</i>	45
3.4.4.	<i>Evaluación de las alternativas de diseño</i>	46
3.4.4.1.	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i>	46
3.5.	Diseño de materialización	49
3.6.	Diseño de detalle	50
3.6.1.	<i>Selección del material de ductos y campanas</i>	50
3.6.2.	<i>Sistema de ductos y campanas de extracción individual en cada estación</i>	50
3.6.2.1.	<i>Diseño de los conductos</i>	51
3.6.2.2.	<i>Pérdidas en los conductos</i>	53
3.6.2.3.	<i>Pérdidas por accesorios</i>	54
3.6.2.4.	<i>Pérdida total de carga en el sistema de extracción 1</i>	56
3.6.2.5.	<i>Selección del ventilador</i>	57
3.6.2.6.	<i>Modelado del primer sistema</i>	59
3.6.2.7.	<i>Simulación CFD del primer sistema de extracción</i>	59
3.6.3.	<i>Sistema de ductos y campanas con un extractor por estación</i>	69
3.6.3.1.	<i>Diseño de los conductos</i>	69
3.6.3.2.	<i>Pérdidas en los conductos</i>	72
3.6.3.3.	<i>Pérdidas por accesorios</i>	74
3.6.3.4.	<i>Pérdida total de carga en el sistema de extracción 2</i>	75
3.6.3.5.	<i>Selección del ventilador</i>	75
3.6.3.6.	<i>Modelado del sistema 2</i>	76
3.6.3.7.	<i>Simulación CFD sistema de extracción 2</i>	77
3.6.4.	<i>Sistema de extracción localizada con ductos articulados</i>	80
3.6.4.1.	<i>Diseño de los conductos</i>	81
3.6.4.2.	<i>Pérdida por los accesorios</i>	83
3.6.4.3.	<i>Pérdida de carga total del sistema</i>	84
3.6.4.4.	<i>Selección del ventilador</i>	84
3.6.4.5.	<i>Modelado del sistema 3</i>	85
3.6.4.6.	<i>Simulación CFD del sistema de extracción 3</i>	86
3.6.5.	<i>Sistema de extracción con banco fijo y rejillas</i>	90
3.6.5.1.	<i>Dimensionamiento y pérdidas de los ductos</i>	91

3.6.5.2.	<i>Pérdidas del Sistema y dimensiones generales</i>	93
3.6.5.3.	<i>Pérdida por los accesorios</i>	93
3.6.5.4.	<i>Pérdida de carga total del sistema</i>	94
3.6.5.5.	<i>Selección del ventilador</i>	94
3.6.5.6.	<i>Modelado del sistema 4</i>	96
3.6.5.7.	<i>Simulación CFD del sistema de extracción 4</i>	96
3.7.	Diseño del sistema eléctrico	100
3.8.	Costos de los sistemas de extracción	101
3.8.1.	<i>Costos del sistema ductos y campanas de extracción individual en cada estación</i>	101
3.8.1.1.	<i>Costos directos del sistema uno</i>	102
3.8.1.2.	<i>Costos indirectos del sistema uno</i>	104
3.8.1.3.	<i>Costo total del sistema uno</i>	104
3.8.2.	<i>Costos del sistema ductos cuadrados y campanas con un extractor por estación</i> ..	104
3.8.2.1.	<i>Costos directos del sistema dos</i>	104
3.8.2.2.	<i>Costos indirectos del sistema dos</i>	106
3.8.2.3.	<i>Costo total del sistema dos</i>	106
3.8.3.	<i>Costos del sistema de extracción localizada con ductos articulados</i>	107
3.8.3.1.	<i>Costos directos del sistema tres</i>	107
3.8.3.2.	<i>Costos indirectos del sistema tres</i>	108
3.8.3.3.	<i>Costo total del sistema tres</i>	109
3.8.4.	<i>Costos del sistema de extracción con banco fijo y rejillas</i>	109
3.8.4.1.	<i>Costos directos del sistema cuatro</i>	109
3.8.4.2.	<i>Costos indirectos del sistema seleccionado</i>	111
3.8.4.3.	<i>Costo total del sistema seleccionado</i>	111

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	112
4.1.	Selección de la alternativa más adecuada	112
4.1.1.	<i>Simulación CFD del sistema de extracción</i>	112
4.1.1.1.	<i>Análisis de velocidades</i>	113
4.1.1.2.	<i>Análisis de presiones</i>	114
4.1.2.	<i>Modelado del sistema seleccionado</i>	114
4.1.3.	<i>Análisis de costos</i>	115

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
5.1.	Conclusiones.....	116
5.2.	Recomendaciones.....	117

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Concentraciones de contaminantes comunes [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	5
Tabla 2-2:	Diferencias entre el uso de corriente continua y alterna en el proceso SMAW ..	7
Tabla 2-3:	Recubrimiento de los electrodos	7
Tabla 2-4:	Tipos de alambre de acero en el proceso GMAW	9
Tabla 2-5:	Gases usados en el proceso GMAW	9
Tabla 2-6:	Clasificación del electrodo en el proceso GTAW	10
Tabla 2-7:	Gases inertes para el proceso GTAW.....	11
Tabla 2-8:	Clasificación según AWS del metal de aporte.	11
Tabla 2-9:	Composición del gas de soldadura	14
Tabla 2-10:	Valores límite de exposición	15
Tabla 2-11:	Efectos de los gases de soldadura en la salud.....	16
Tabla 2-12:	Velocidades de captación recomendadas	21
Tabla 2-13:	Límites de intervalos para la velocidad de captación	21
Tabla 2-14:	Valores empleados en el caudal de aspiración	24
Tabla 2-15:	Tipos de campanas y su caudal de extracción	25
Tabla 2-16:	Materiales para la construcción de ductos.....	27
Tabla 2-17:	Velocidad de diseño en conductos	27
Tabla 2-18:	Valores recomendados para la velocidad de diseño de conductos	28
Tabla 3-1:	Medición de agentes tóxicos antes de usar las soldadoras	34
Tabla 3-2:	Medición de agentes tóxicos usando E - 6013	35
Tabla 3-3:	Medición de agentes tóxicos usando E - 6011	35
Tabla 3-4:	Medición de agentes tóxicos usando E - 7018	36
Tabla 3-5:	Concentraciones de agentes tóxicos provocados por la soldadura	36
Tabla 3-6:	Medición de agentes tóxicos después del uso de las soldadoras	37
Tabla 3-7:	Dimensiones de cada estación de trabajo	38
Tabla 3-8:	Sistema propuesto de ACERO&ACERO.....	38
Tabla 3-9:	Sistema propuesto de C-Metálicas	39
Tabla 3-10:	Sistema propuesto de Provedora Industrial	39
Tabla 3-11:	Necesidades del cliente	40
Tabla 3-12:	Factor de incidencia.....	41
Tabla 3-13:	Factores de correlación.....	41
Tabla 3-14:	Tipos de señales en el análisis funcional del sistema	44
Tabla 3-15:	Matriz morfológica de las alternativas de solución	45
Tabla 3-16:	Método corregidos de los criterios ponderados.....	47

Tabla 3-17:	Evaluación del criterio mantenimiento.....	47
Tabla 3-18:	Evaluación del criterio automatización	47
Tabla 3-19:	Evaluación del criterio costo	48
Tabla 3-20:	Evaluación del criterio instalación	48
Tabla 3-21:	Evaluación del criterio instalación	48
Tabla 3-22:	Resultados del análisis de criterios ponderados	49
Tabla 3-23:	Ventajas y desventajas de las 3 alternativas de diseño.....	49
Tabla 3-24:	Parámetros para el cálculo del diámetro del conducto	52
Tabla 3-25:	Pérdidas en los conductos del primer sistema	53
Tabla 3-26:	Pérdida por accesorios de los ductos A-B & C-F.....	54
Tabla 3-27:	Pérdida por accesorios de los ductos D-E, E-F	54
Tabla 3-28:	Pérdida por accesorios de los ductos G-H.....	55
Tabla 3-29:	Pérdida por accesorios del ducto principal.....	56
Tabla 3-30:	Parámetros de selección para los tramos secundarios	57
Tabla 3-31:	Características del extractor TTB-500.....	57
Tabla 3-32:	Parámetros de selección del tramo principal	58
Tabla 3-33:	Especificaciones del extractor TAT-1000H	58
Tabla 3-34:	Parámetros del tramo 1 del sistema 1	61
Tabla 3-35:	Parámetros tramo 2 sistemas de extracción 1	67
Tabla 3-36:	Parámetros para el cálculo del diámetro del conducto	70
Tabla 3-37:	Pérdidas en los conductos.....	72
Tabla 3-38:	Ductos circulares a rectangulares con igual perdidas de carga.	73
Tabla 3-39:	Equivalencia de ductos circulares a rectangulares	73
Tabla 3-40:	Pérdida por accesorios del sistema 2	74
Tabla 3-41:	Especificaciones del extractor HXB-400 H	75
Tabla 3-42:	Especificaciones del extractor HXT-630 H.....	76
Tabla 3-43:	Parámetros tramo 1 sistema de extracción 2	77
Tabla 3-44:	Parámetros del tramo 2 del sistema de extracción 2.....	79
Tabla 3-45:	Resultados de las dimensiones y pérdidas por longitud tubería del sistema 3 ..	82
Tabla 3-46:	Pérdida por accesorios del tramo secundario del sistema 3.....	83
Tabla 3-47:	Pérdida por accesorios del tramo principal del sistema 3.....	83
Tabla 3-48:	Especificaciones del extractor HEP-400	85
Tabla 3-49:	Parámetros del tramo 1 sistema de extracción 3.....	87
Tabla 3-50:	Parámetros del tramo 2 del sistema de extracción 3.....	89
Tabla 3-51:	Caudal en función de las dimensiones de la mesa de trabajo.....	91
Tabla 3-52:	Cálculo del caudal	91
Tabla 3-53:	Dimensiones y pérdidas generales de cada ducto del sistema.....	93

Tabla 3-54:	Pérdida por accesorios del sistema 4.....	93
Tabla 3-55:	Pérdida por accesorios del tramo principal del sistema 4.....	94
Tabla 3-56:	Pérdidas totales del sistema 4.....	94
Tabla 3-57:	Especificaciones del extractor TAT-800 H.....	95
Tabla 3-58:	Parámetros del tramo 1 del sistema de extracción 4.....	97
Tabla 3-59:	Parámetros del tramo 2 del sistema de extracción 4.....	99
Tabla 3-60:	Costo de materiales del sistema uno.....	102
Tabla 3-61:	Costo de mano de obra del sistema uno.....	103
Tabla 3-62:	Costo de equipos y herramientas del sistema uno.....	103
Tabla 3-63:	Costos indirectos del sistema uno.....	104
Tabla 3-64:	Costo total del sistema uno.....	104
Tabla 3-65:	Costo de materiales del sistema dos.....	104
Tabla 3-66:	Costo de mano de obra de sistema dos.....	105
Tabla 3-67:	Costo de equipos y herramientas de sistema dos.....	106
Tabla 3-68:	Costos indirectos del sistema dos.....	106
Tabla 3-69:	Costo total del sistema dos.....	106
Tabla 3-70:	Costo de materiales de sistema tres.....	107
Tabla 3-71:	Costo de mano de obra del sistema tres.....	108
Tabla 3-72:	Costo de equipos y herramientas de sistema tres.....	108
Tabla 3-73:	Costos indirectos del sistema seleccionado del sistema tres.....	108
Tabla 3-74:	Costo total del sistema seleccionado del sistema tres.....	109
Tabla 3-75:	Costo de materiales del sistema cuatro.....	109
Tabla 3-76:	Costo de mano de obra del sistema cuatro.....	110
Tabla 3-77:	Costo de equipos y herramientas.....	110
Tabla 3-78:	Costos indirectos del sistema seleccionado.....	111
Tabla 3-79:	Costo total del sistema seleccionado.....	111
Tabla 4-1:	Eficiencias y costos de las 4 alternativas propuestas.....	112
Tabla 4-2:	Costos de las alternativas.....	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Procesos de soldadura	6
Ilustración 2-2:	Proceso SMAW.....	6
Ilustración 2-3:	Designación de los electrodos	7
Ilustración 2-4:	Diagrama esquemático del proceso GMAW	8
Ilustración 2-5:	Clasificación de alambres-electrodos para GMAW	8
Ilustración 2-6:	Descripción del proceso GTAW	10
Ilustración 2-7:	Equipo soldadura oxiacetilénica.....	12
Ilustración 2-8:	Dimensiones recomendadas en el sistema de extracción	14
Ilustración 2-9:	Sistema de extracción por dilución.	18
Ilustración 2-10:	Sistema de extracción localizada.....	18
Ilustración 2-11:	Campana de extracción	19
Ilustración 2-12:	Forma de captación de gases en la campana	20
Ilustración 2-13:	Recomendaciones velocidad de captación	22
Ilustración 2-14:	Banco de extracción con rejillas.....	23
Ilustración 2-15:	Mangas de extracción móviles.	24
Ilustración 2-16:	Configuración campana elevada	25
Ilustración 2-17:	Extractor en la pistola de soldar.	26
Ilustración 2-18:	Ventilador de ductos.....	31
Ilustración 2-19:	Ventilador centrífugo	31
Ilustración 2-20:	Ventilador turbina de hélice	32
Ilustración 2-21:	Ventilador de tubo axial	32
Ilustración 2-22:	Ventilador vene-axial	33
Ilustración 3-1:	Estación de trabajo del taller de soldadura.....	37
Ilustración 3-2:	Casa de la calidad.....	42
Ilustración 3-3:	Análisis funcional del sistema de extracción	43
Ilustración 3-4:	Análisis modular del sistema de extracción	44
Ilustración 3-5:	Esquema del sistema de extracción de 2 ramales.....	50
Ilustración 3-6:	Modelado del sistema de extracción 1	59
Ilustración 3-7:	Distribución de las estaciones de trabajo del taller de soldadura	60
Ilustración 3-8:	Tramo 1 del sistema de extracción 1	60
Ilustración 3-9:	Tramo 1' del sistema de extracción 1	61
Ilustración 3-10:	Tramo 1" del sistema de extracción 1	61
Ilustración 3-11:	Mallado del tramo 1 del sistema de extracción 1	62
Ilustración 3-12:	Velocidad de captación del sistema 1.....	62

Ilustración 3-13:	Simulación del tramo 1 del sistema de extracción 1	63
Ilustración 3-14:	Mallado del tramo 1' del sistema de extracción 1	64
Ilustración 3-15:	Simulación del tramo 1' del sistema de extracción 1.....	64
Ilustración 3-16:	Mallado del tramo 1" del sistema de extracción 1.....	65
Ilustración 3-17:	Simulación del tramo 1" del sistema de extracción 1.....	66
Ilustración 3-18:	Tramo 2 sistema de extracción 1.....	66
Ilustración 3-19:	Mallado del tramo 2 del sistema de extracción 1	67
Ilustración 3-20:	Simulación del tramo 2 del sistema de extracción 1	68
Ilustración 3-21:	Esquema del sistema de extracción 2.....	69
Ilustración 3-22:	Modelado sistema de extracción 2	77
Ilustración 3-23:	Mallado del ducto secundario del sistema 2.....	78
Ilustración 3-24:	Velocidad de captación del sistema 2.....	78
Ilustración 3-25:	Simulación del tramo 1 del sistema de extracción 2	78
Ilustración 3-26:	Tramo 2 del sistema de extracción 2.....	79
Ilustración 3-27:	Mallado del ducto principal del sistema 2.....	79
Ilustración 3-28:	Simulación del tramo 2 del sistema de extracción 2	80
Ilustración 3-29:	Sistema de extracción localizada con brazos articulados	80
Ilustración 3-30:	Modelado del sistema de extracción 3	86
Ilustración 3-31:	Tramo 1 del sistema de extracción 3	86
Ilustración 3-32:	Mallado del ducto secundario del sistema 3.....	87
Ilustración 3-33:	Velocidad de captación del sistema 3.....	87
Ilustración 3-34:	Simulación del tramo 1 del sistema de extracción 3	88
Ilustración 3-35:	Tramo 2 del sistema de extracción 3	88
Ilustración 3-36:	Mallado del ducto principal del sistema 3.....	89
Ilustración 3-37:	Simulación del tramo 2 del sistema de extracción 3	89
Ilustración 3-38:	Sistema de extracción de banco fijo con rendijas.....	90
Ilustración 3-39:	Modelado del sistema de extracción 4	96
Ilustración 3-40:	Tramo 1 del sistema de extracción 4.....	96
Ilustración 3-41:	Mallado del ducto secundario del sistema 4.....	97
Ilustración 3-42:	Simulación del tramo 1 del sistema de extracción 4	98
Ilustración 3-43:	Tramo 2 del sistema de extracción 4.....	98
Ilustración 3-44:	Mallado del ducto principal del sistema 4.....	99
Ilustración 3-45:	Simulación del tramo 2 del sistema de extracción 4	99
Ilustración 3-46:	Diagrama de fuerza del sistema eléctrico.....	100
Ilustración 3-47:	Diagrama de control del sistema eléctrico.	101
Ilustración 4-1:	Mallado refinado del sistema de extracción.....	113
Ilustración 4-2:	Análisis de velocidades	113

Ilustración 4-3:	Análisis de presiones	114
Ilustración 4-4:	Modelado del sistema de extracción	115

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** MEDICIÓN DE AGENTES TÓXICOS ANTES DE SOLDAR
- ANEXO B:** MEDICIONES USANDO E - 6013
- ANEXO C:** MEDICIONES USANDO E – 6011
- ANEXO D:** MEDICIONES USANDO E – 7018
- ANEXO E:** CONCENTRACIÓN DE GASES TÓXICOS DESPUÉS DE SOLDAR
- ANEXO F:** PÉRDIDA DE CARGA Y DIÁMETRO PARA DUCTOS RECTOS CIRCULARES
- ANEXO G:** COEFICIENTE “N” DE PÉRDIDAS EN CAMPANAS DE CAPTACIÓN
- ANEXO H:** COEFICIENTE "N" PARA CODOS CIRCULARES
- ANEXO I:** CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA
- ANEXO J:** PRESIÓN DINÁMICA
- ANEXO K:** DIÁMETRO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTO RECTANGULAR.
- ANEXO L:** DIMENSIONES TTB-500
- ANEXO M:** CURVA CARACTERÍSTICA TTB-500
- ANEXO N:** DIMENSIONES TAT-1000/H
- ANEXO O:** CURVA CARACTERÍSTICA TAT-1000/H
- ANEXO P:** DIMENSIONES DEL EXTRACTOR HXB -400/H Y HXT -630/H
- ANEXO Q:** CURVA CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO HXB T 400/H
- ANEXO R:** CURVA CARACTERÍSTICA EXTRACTOR HXT 630/H
- ANEXO S:** DIMENSIONES DEL EXTRACTOR HEP 400
- ANEXO T:** CURVA CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO HEP 400
- ANEXO U:** DIMENSIONES DEL EQUIPO TAT 800/H
- ANEXO V:** CURVA CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO TAT 800/H
- ANEXO W:** PROFORMA MEGAFRÍO QUITO
- ANEXO X:** PROFORMA DE LA EMPRESA MEGAFRÍO DE AMBATO
- ANEXO Y:** RESPUESTAS DE LA ENCUESTA
- ANEXO Z:** PLANOS.

RESUMEN

La soldadura es una técnica empleada en diversos procesos de fabricación y reparación de piezas metálicas, por lo cual se requiere utilizar los equipos de protección personal e instalaciones adecuados para evitar riesgos en la salud, debido a la exposición a los diferentes tipos de gases que se generan durante el proceso de soldadura, los mismos que al ser inhalados pueden ocasionar enfermedades a nivel del sistema respiratorio, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de integración curricular fue diseñar y simular un sistema de extracción de gases provenientes de las estaciones de trabajo del taller de soldadura de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH empleando método de elementos finitos por lo cual se realizó el modelado de varias alternativas con diferentes configuraciones en el Software de diseño asistido por computadora SolidWorks, al igual que el análisis del comportamiento del fluido mediante su extensión para simulación (Flow Simulation). Mediante los resultados obtenidos, se puede determinar un diseño que permita la evacuación de los gases de soldadura, cumpliendo con los parámetros que establece la norma A.C.G.I.H y las recomendaciones establecidas en el manual de ventilación de Soler y Palau, fuente considerada para poder validar los resultados en vista de que los citados productos corresponden a un distribuidor de extractores de gases en el país. En este contexto se concluye que la mejor alternativa para la construcción de un sistema con extractores de gases independientes para cada estación con una configuración de ductos rectangulares por su bajo costo de fabricación y por el comportamiento de los gases al ser extraídos.

Palabras Clave: <SOLDADURA> <GASES> <VENTILACIÓN> <EXTRACTORES>
<SALUD OCUPACIONAL> < FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE PIEZAS > <
PROTECCIÓN PERSONAL >

1043-DBRA-UPT-2024



SUMMARY

Welding is a technique used in various manufacturing and repair processes of metal parts, which is why it is required to use appropriate personal protective equipment and facilities to avoid health risks, due to exposure to the different types of gases that are present generated during the welding process, which when inhaled can cause diseases at the respiratory system level. Therefore, the objective of this curricular integration work was to design and simulate a gas extraction system from workstations of the welding workshop of the Faculty of Mechanics of the ESPOCH using the finite element method, for which the modeling of several alternatives with different configurations was carried out in the SolidWorks computer-aided design software, as well as the analysis of the behavior of the fluid through its extension for simulation (Flow Simulation). Using the results obtained, a design can be determined that allows the evacuation of welding gases, complying with the parameters established by the A.C.G.I.H standard and the recommendations established in the Soler and Palau ventilation manual, a source considered to validate the results given that the aforementioned products correspond to a distributor of gas extractors in the country. In this context, it is concluded that the best alternative for the construction of a system with independent gas extractors for each station with a configuration of rectangular ducts due to its low manufacturing cost and the behavior of the gases when extracted.

Keywords: <WELDING> <GASES> <VENTILATION> <EXTRACTORS>
<OCCUPATIONAL HEALTH> <MANUFACTURING AND REPAIR OF PARTS > <
PERSONAL PROTECTION >



Lic. Luis Francisco Mantilla Cabrera Mgs.

0603747809

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de instituciones de educación públicas que ofertan carreras técnicas ya sea mecánica industrial o automotriz carecen de un sistema de extracción de gases provenientes de distintos procesos industriales en especial la soldadura, razón por la cual se evidencian problemas respiratorios tanto en trabajadores, estudiantes y docentes que hacen uso de las instalaciones, en la actualidad se hace caso omiso a las normas de seguridad debido a la flexibilidad de las leyes y esto repercute en enfermedades laborales.

Debido a la cantidad de estudiantes usando las soldadoras se evidenció la formación de una nube gris de humo en todo el taller por la falta de ventilación que existe en el taller produciendo molestias en el sistema respiratorio de estudiantes y docentes por la composición del gas, lo que genera una necesidad de un sistema de extracción adecuado para la evacuación del aire contaminado hacia el exterior del taller. Mediante la metodología QFD se determinó la configuración del sistema más adecuada, donde se obtuvo una campana por cada estación del taller y a su vez un ducto general que se encargue de direccionar el gas hacia el exterior, se han generado cuatro alternativas con su respectiva simulación CFD de las cuales se seleccionó las más eficiente y económica que son aspectos importantes que tomar en cuenta por parte de los estudiantes.

Para el diseño de los componentes se usó el manual de ventilación del Soler y Palau, tomando en cuenta los parámetros que se necesitan para el cálculo del caudal de extracción y posteriormente la selección del extractor mediante Easy Vent, software en línea de la misma empresa que nos oferta productos en sus distintas sucursales del país. Se realizó la simulación de los distintos sistemas propuestos mediante Flow Simulation de SolidWorks con el fin de validar los parámetros mínimos del manual de ventilación en velocidad de captación y de conducción, a su vez verificando la caída de presión que se tiene a lo largo de los ductos hasta llegar a la expulsión del gas hacia el exterior del taller.

En el presente trabajo se busca generar un diseño eficiente y económico de un sistema de extracción de gases de soldadura que se adecúe a la distribución de las estaciones de trabajo del taller, el cuál consta de una campana y un extractor con una funcionalidad independiente para ahorrar gastos excesivos en energía eléctrica. Las campanas fabricadas con acero galvanizado y los ductos de configuración cuadrada con juntas remachadas dependiendo sus dimensiones son los más económicos de construir. Se presentará un análisis de costos del sistema seleccionado, así como los planos para la construcción de campanas, ductos, codos y detalle de las dimensiones de cada uno de los equipos.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se encuentra el taller soldadura, que dispone de diez estaciones de trabajo que generan gases tóxicos dentro de las instalaciones a causa del proceso de soldadura, los mismos que no pueden ser evacuados de tal manera que se pueda salvaguardar la salud de los participantes que se encuentran dentro del taller.

A nivel mundial, la exposición a gases de soldadura se ha identificado como un riesgo para la salud de los trabajadores. Diversos estudios e investigaciones han documentado los efectos perjudiciales de la inhalación de estos contaminantes en la salud respiratoria y general de las personas. Los síntomas, que van desde náuseas y fuertes dolores de cabeza hasta afecciones respiratorias crónicas, por lo cual es importante mantener la calidad del aire dentro de las normativas y regulaciones de ambientes dentro de los entornos industriales.

En el caso de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, donde los estudiantes realizan prácticas de soldadura como parte de su formación integral académica, la implementación de un sistema de extracción de gases se vuelve aún más crítica, ya que no solo se trata de garantizar la seguridad y la salud de los estudiantes y profesores involucrados en estas actividades, sino también de cumplir con estándares globales que exigen la protección de quienes trabajan en entornos donde se generan gases de soldadura.

En este contexto, se presenta la necesidad urgente de diseñar un sistema de extracción de gases eficiente para el taller de soldadura de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH y validarlo mediante simulaciones a través de un software especializado. Este trabajo de integración curricular busca abordar los riesgos para la salud y el bienestar de quienes participan en actividades de soldadura, garantizando el cumplimiento de las regulaciones ambientales y de salud ocupacional pertinentes. Por lo cual se ha considerado diseñar un sistema de extracción de gases eficiente con la finalidad de tener un lugar de trabajo en condiciones saludables, para el efecto se ha considerado algunos diseños ya desarrollados dentro del campo de la extracción de gases en ambientes industriales de soldadura que evalúan diversos criterios de ingeniería tales como la ventilación, tipo de campana, aplicación industrial, manejo del caudal empleando con el objetivo evacuar de los gases de soldadura.

1.2. Planteamiento del problema

La soldadura es una técnica de suma importancia en la industria y la construcción, ampliamente utilizada en numerosos procesos de fabricación y reparación de piezas metálicas. Sin embargo, este proceso conlleva a la generación de gases altamente contaminantes, que incluyen partículas finas y compuestos químicos perjudiciales para la salud humana.

La exposición a los diferentes tipos de gases que se desprenden durante el proceso de soldadura puede causar daños y enfermedades a nivel del sistema respiratorio de estudiantes, profesores y personal que ocupe las instalaciones durante las actividades de soldadura. Por lo cual, un diseño eficiente de un sistema de extracción de gases tóxicos debe ser una prioridad, para garantizar la seguridad respiratoria de quienes laboran dentro del taller de soldadura de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación técnica

La elaboración del diseño y simulación del sistema de extracción de gases tiene como propósito mejorar la calidad del aire en el entorno laboral, para preservar la salud de los estudiantes y docentes, además esto contribuye a la acreditación de la carrera y maestrías que conllevan el uso del taller de soldadura. Esto se llevará a cabo a través de dicho sistema diseñado en base a conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante la carrera, normativas, manuales y catálogos. El enfoque es asegurar la selección adecuada de equipos para lograr un diseño y simulación óptima que resulte en la mejora del ambiente laboral y el rendimiento de los estudiantes en el taller de la Facultad de Mecánica.

1.3.2. Justificación económica

Para la optimización de los recursos se prevé una adecuada selección de los elementos que conforman todo el sistema de extracción, así como un diseño optimizado con el fin de evitar pérdidas de material o excesos en el mismo, a su vez el diseño basado en normas vigentes se simulará y validará mediante software, con lo cual optaremos por seleccionar el sistema o la configuración más eficaz acorde con la distribución de puestos de trabajo del taller de soldadura de la Facultad.

1.3.3. Justificación social

Este trabajo surge como respuesta a una necesidad en el taller de soldadura, que busca mejorar la calidad del entorno laboral y precautelar la salud de los estudiantes, docentes y personal que use las instalaciones, por lo cual se ha planteado diseñar y simular un sistema de extracción de gases de soldadura.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y simular un sistema de extracción de gases provenientes de las estaciones de trabajo del taller de soldadura de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

1.4.2. Objetivos específicos

- Definir los parámetros esenciales que influyen en el cálculo del volumen de gases a extraer.
- Determinar la calidad del aire antes, durante y después de los procesos de soldadura.
- Diseñar los múltiples sistemas de extracción de acuerdo con normativas vigentes.
- Realizar simulaciones computacionales utilizando software SolidWorks para visualizar el comportamiento del fluido cuando el sistema está en funcionamiento y evaluar la eficiencia de éstos.
- Seleccionar el sistema de extracción más eficiente en base a los resultados de la simulación.
- Diseñar el sistema de control automático necesario para el correcto funcionamiento del sistema de extracción seleccionado.
- Generar los planos de detalle del sistema de extracción.
- Realizar un análisis de costos del sistema seleccionado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Calidad del aire

Para una buena conservación de la salud de las personas en los sitios de trabajo confinados se requiere tener una buena ventilación, con la cual se pueda asegurar una alta calidad del aire libre de partículas sedimentables o algunos gases nocivos para la salud como el monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO), entre otros. La concentración de estos gases en el aire del ambiente no debe exceder los diez mg por cada metro cúbico, muchas organizaciones tienen su propio programa de monitoreo con el fin de que la cantidad presente de estos gases en el ambiente no sobrepasen los valores permitidos con el objetivo de preservar la salud de todas las personas (Faolex 2003).

Tabla 2-1: Concentraciones de contaminantes comunes [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Contaminante	Período de tiempo	Alerta	Alarma	Emergencia
Monóxido de carbono	8 horas	15000	30000	40000
Oxidantes fotoquímicos	1 hora	300	600	800
Óxido de nitrógeno	1 hora	1200	2300	3000
Dióxido de azufre	24 horas	800	1600	2100
Material particulado PM10	24 horas	250	400	500

Fuente: Faolex, 2003.

2.2. Procesos de soldadura

En distintas ocasiones el proceso de soldadura se realiza aumentando la temperatura de los materiales en un lugar específico sin el cambio de presión sobre estos, con esto se logra la unión de las piezas, esto se realiza con el fin de reparar, construir o dar continuidad a piezas metálicas. Los procesos de soldadura se pueden dividir en procesos por presión (unión de piezas mediante presión entre superficies) o por fusión (funde los materiales a unir) (Instituto Politécnico Nacional, 2020).

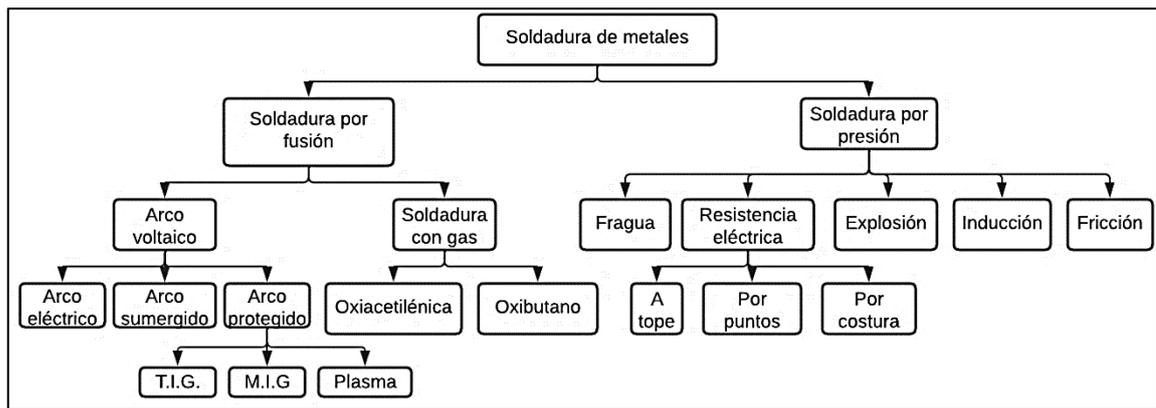


Ilustración 2-1: Procesos de soldadura

Fuente: Instituto Politécnico Nacional, 2020

2.2.1. Soldadura por arco eléctrico

Trata de uno de los procesos de unión de materiales metálicos más antiguos donde en la de los 90's los trabajadores realizaban este tipo de soldadura con un electrodo de carbón hasta que posteriormente inventaran el electrodo revestido que hasta la actualidad de lo usa en la industria metalmeccánica, en este proceso se hace recorrer una corriente eléctrica ya sea continua o alterna donde se establece un cortocircuito entre el electrodo y el metal base que se requiere soldar, este tipo de procesos alcanza una temperatura alrededor de los 5500 °C. Aquí se evidencia el depósito del metal del electrodo fundido en el metal base para lograr la unión de dos metales o la continuidad de esa pieza (Flores, C., 2019).

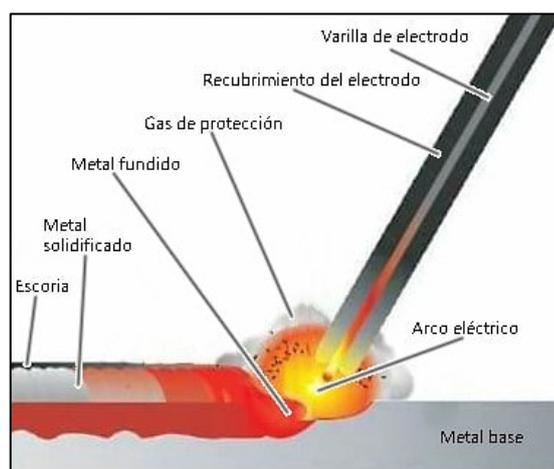


Ilustración 2-2: Proceso SMAW

Fuente: Tecnologías en soldadura, 2021

Tabla 2-2: Diferencias entre el uso de corriente continua y alterna en el proceso SMAW

Corriente continua	Corriente alterna
Mejor estabilidad del arco	Produce mucha salpicadura
Soplo magnético en materiales ferromagnéticos	Electrodos no compatibles (algunos)
Muy beneficiosa en posición sobre cabeza	Mayor eficiencia si la fuente está más lejos
Uso de cualquier electrodo	Mayor rendimiento
Preferencia en metales delgados	No existe soplo magnético

Fuente: Marín, A., 2016

Para este proceso la AWS ha logrado clasificar el tipo de electrodo de acuerdo con su composición dependiendo la composición del material que se va a soldar, se les da una designación alfanumérica, esta se la puede evidenciar en la tabla 2-3:

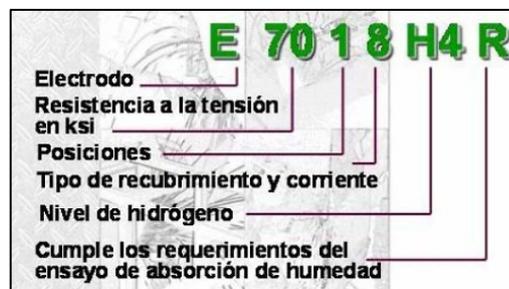


Ilustración 2-3: Designación de los electrodos

Fuente: American Welding Society, 2020

Tabla 2-3: Recubrimiento de los electrodos

Electrodo	Recubrimiento	Tipo de corriente	Penetración
EXXX0	Celulósico, Sodio	DCEP	Profunda
EXX20	Óxido de Hierro, Sodio	DCEN, DCEP, AC	Media
EXXX1	Celulósico, Potasio	AC, DCEP	Profunda
EXXX2	Rutílico, Sodio	AC, DCEN	Media
EXXX3	Rutílico, Potasio	AC, DCEP, DCEN	Ligera
EXXX4	Rutílico, Polvo de Hierro	AC, DCEP, DCEN	Ligera
EXXX5	Bajo Hidrógeno, Sodio	DCEP	Media
EXXX6	Bajo Hidrógeno, Potasio	AC, DCEP	Media
EXXX7	Óxido de Hierro y Polvo de Hierro	AC, DCEP, DCEN	Media
EXXX8	Bajo Hidrógeno, Polvo de Hierro	AC, DCEP	Media
EXXX9	Óxido de Hierro, Rutílico, Potasio	AC, DCEP, DCEN	Media

Fuente: Flores, C., 2019

2.2.2. Soldadura de arco con gas GMAW

En el proceso de soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding) se produce la fusión por el arco generado entre el metal de trabajo a soldar y el electrodo consumible que fluye a través de la pistola o maneral. Se tiene un gas que es protector y que puede ser inerte (MIG) o activo (MAG) que se suministra de manera externa, además se alimenta de forma automática mediante el abastecimiento del alambre hacia la zona de soldadura mediante un mecanismo.

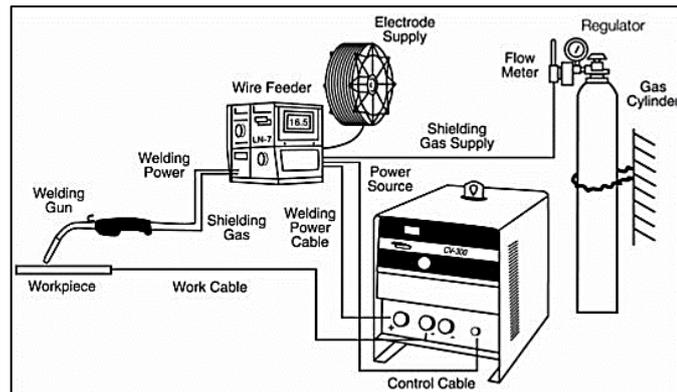


Ilustración 2-4: Diagrama esquemático del proceso GMAW

Fuente: Arriaga et al., 2010

La AWS tiene una clasificación de los alambres-electrodos que son empleados en el proceso GMAW y son los que se muestran a continuación:

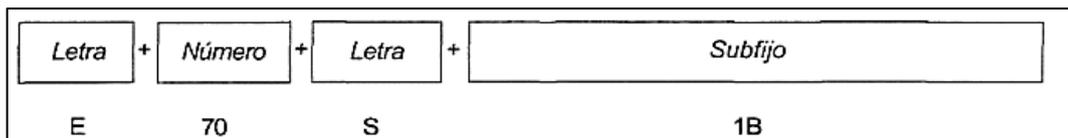


Ilustración 2-5: Clasificación de alambres-electrodos para GMAW

Fuente: Arriaga et al., 2010

La letra (E), determina que se trata de un electrodo para soldar con arco eléctrico.

El número (70), define la resistencia mínima a la tensión del metal que es depositado en miles de libras por pulgada cuadrada.

La letra (S), donde si es representada por la letra S se refiere a un alambre sólido y en caso de ser la letra U se trata de un electrodo con requerimiento emisor de electrones, estabilizador del arco en polaridad directa.

Sufijo, este representa la clasificación basada en la composición química del alambre que puede ser representada por una letra y/o un número (1, 2, 3, 4, 5, 6, G, 1B, GB).

En la tabla 2-4 se indican los tipos de alambres más usados en este proceso de soldadura:

Tabla 2-4: Tipos de alambre de acero en el proceso GMAW

Código AWS	Características
ER70S-2	Presenta desoxidantes, se usa para soldar láminas delgadas de acero, contiene titanio, zirconio y aluminio
ER70S-3	Más usado ya que contiene desoxidantes y además, presenta una zona de fusión más fluida que forma un cordón plano y ancho.
ER70S-4	Alambre adecuado para soldar acero, se usa en estructuras de aceros, barcos y recipientes de calderas
ER60S-6	Presenta buen rendimiento, contiene silicio y manganeso como desoxidantes, es adecuado para casi todos los aceros; funciona con las mezclas de gases muy usadas y en la zona de fusión presenta fluidez.

Fuente: Pacheco, G., 2015

Los gases más empleados en el proceso GMAW son:

Tabla 2-5: Gases usados en el proceso GMAW

Material	Gas protector
Aluminio y manganeso	Argón, helio, argón con 25% helio, argón con 75% de helio
Cobre	Helio, argón con 25% helio, argón con 50% de helio, argón con 75% de helio
Acero inoxidable	Argón con 2% de CO ₂ , argón con 1% de oxígeno y argón con 2% de oxígeno
Aceros al carbono	Argón con 2% de oxígeno y argón con 75% de CO ₂

Fuente: Pacheco, G., 2015

El proceso GMAW debe mantener una buena ventilación ya que producen gases tóxicos para el soldador y esta debe ser natural de 10000 pies cúbicos de aire. Además, muchos soldadores creen que este proceso es más tóxico que el de electrodo revestido, pero al realizarse estudios se determina que a una distancia de 4 pulgadas de humo es insignificante puesto que la concentración de monóxido de carbono y las inhalaciones de este no son dañinas, a menos que se trabaje en un lugar completamente cerrado (Arriaga et al., 2010).

2.2.3. Soldadura de arco de tungsteno GTAW

El proceso GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) TIG (Tungsten, Inert, Gas) emplea una corriente de gas inerte que protege la soldadura. El arco se produce entre un electrodo no consumible de tungsteno y el material base y, por la boquilla que rodea al electrodo se expulsa el gas que puede ser de helio o argón de manera que cubra completamente al arco y la masa fundida del metal logrando eliminar toda atmosfera oxidante (Molera, P., 2009).

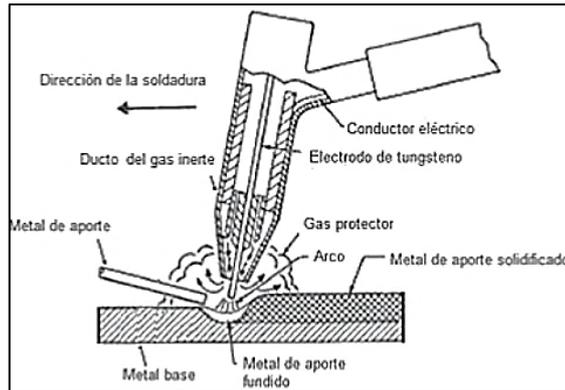


Ilustración 2-6: Descripción del proceso GTAW

Fuente: Molera, P., 2009

2.2.3.1. Electrodo no consumible de tungsteno.

El electrodo de tungsteno o wolframio tiene la función de transferir el arco hacia el metal base con la característica de que no se consume a diferencia de los demás electrodos debido a su alta resistencia al calor. Entre los más empleados dentro de la industria, tenemos:

Tabla 2-6: Clasificación del electrodo en el proceso GTAW

Clasificación AWS	Aleaciones	Color de identificación
EWP	Tungsteno puro	Verde
EWCe-2	97.3 % tungsteno y 2 % de óxido de cerio.	Anaranjado
EWLa-1	98.3 % tungsteno y 1 % de óxido de lantano.	Negro
EWTh-1	98.3 % tungsteno y 1 % de óxido de torio.	Amarillo
EWTh-2	97.3 % tungsteno y 2 % de óxido de torio.	Rojo
EWZr-1	99.1 % tungsteno y 0.25 % de óxido de circonio.	Café
EWG	94.5 % tungsteno.	Gris

Fuente: Pacheco, G., 2015

2.2.3.2. Gas inerte.

Protege y estabiliza el arco durante el proceso de soldadura evitando el contacto del aire con el electrodo y el metal fundido en la zona de fusión. Los gases más empleados de acuerdo con el material a soldar son:

Tabla 2-7: Gases inertes para el proceso GTAW

Material para soldar	Gas inerte
Aluminio y sus aleaciones	Argón
Latón y sus aleaciones	Helio o argón
Cobre y sus aleaciones de menos de 3 mm de espesor	Argón
Cobre y sus aleaciones de más de 3 mm de espesor	Helio
Acero al carbono	Argón
Acero inoxidable	Argón

Fuente: Pacheco, G., 2015

2.2.3.3. Metal de aporte.

El metal de aporte empleado para la soldadura es esencial cuando existe una separación significativa entre las piezas a soldarse, por esto se requiere que el material de aporte sea de iguales características físicas, químicas y metales según el metal base.

Tabla 2-8: Clasificación según AWS del metal de aporte.

Varilla Según AWS	Características
A5.18	Para soldadura de aceros al carbono de mediana resistencia
A5.28	Para soldadura de aceros de baja aleación y alta resistencia
A5.9	Para soldadura de aceros inoxidables
A5.10	Para soldadura de aluminio y sus aleaciones
A5.14	Para soldadura de níquel y sus aleaciones

Fuente: Pacheco, G., 2015

2.2.4. Soldadura oxiacetilénica

Este proceso tiene como base la combinación de dos gases como lo son el acetileno (gas combustible) y el oxígeno, con estos componentes se realizan distintos procesos en la industria metalmeccánica como procesos de unión y corte de materiales metálicos, la llama que se usa en estos procesos puede llegar a alcanzar temperaturas de hasta 3100°C (Muñoz, R., 2007).

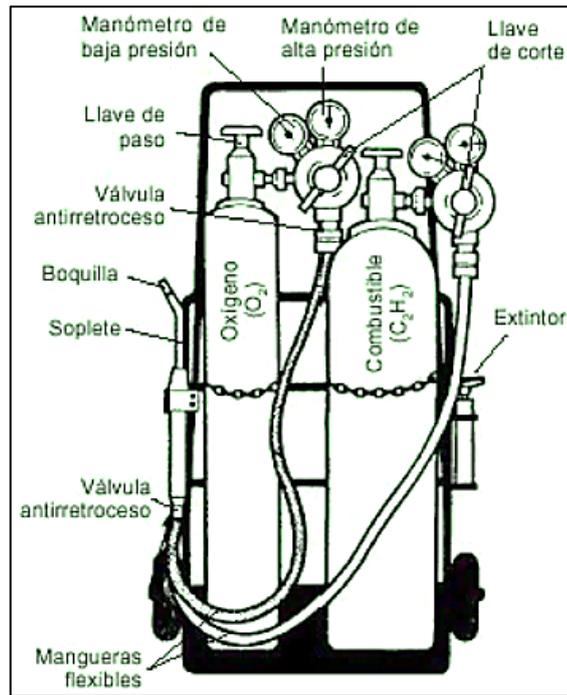


Ilustración 2-7: Equipo soldadura oxiacetilénica

Fuente: del Pino, J., 1998

Dentro de estos equipos se encuentran ciertos elementos importantes para su funcionamiento y seguridad durante su uso, varios de estos se detallan a continuación:

2.2.4.1. Manorreductores

Estos elementos son los encargados de la transformación de la presión de almacenamiento en la botella de almacenamiento del gas a la presión de trabajo que está entre 0,1 – 10 atm. A estos se los ubica en ciertos dependiendo del equipo tanto en las botellas como en los sopletes de soldar, esta transformación se la realiza de manera constante para mantener la eficiencia de su trabajo.

2.2.4.2. Válvula antirretroceso

La válvula antirretroceso es la encargada de asegurar el paso del flujo de gas en una sola dirección, con el fin de evitar el ingreso de la llama por la manguera y a las botellas de gas, estas tienen un recubrimiento metálico en el cuerpo y están divididas en dos partes, a primera por una válvula de retención y otra válvula para proporcionar seguridad al equipo en caso de haber una sobrepresión, dependiendo la longitud de la manguera y del equipo se suelen colocar más de una válvula.

2.2.4.3. Normas de seguridad

Para realizar trabajos con el uso de estos equipos se deben tener en cuenta ciertas consideraciones de seguridad, estas las podemos observar con más detalle a continuación:

- No realizar el uso de estos equipos en lugares con materiales inflamables cercanos, para evitar accidentes como incendios o explosiones.
- Para realizar algún trabajo en recipientes que hayan almacenado sustancias inflamables, realizar una limpieza y desgasificación con vapor de agua para asegurar la ausencia de gases en su interior.
- Asegurar una distancia prudente entre el lugar de soldadura y el equipo de almacenamiento de los gases.
- Evitar el uso del oxígeno para realizar limpieza en las piezas a trabajar.
- Evitar el ingreso de grasa o contaminación de los grifos y manorreductores, estos elementos siempre deben estar limpios.
- En caso de producirse el incendio de uno de los recipientes tomar acciones con el extintor de nieve carbónica o polvo.
- En caso de existir un incendio en el grifo se requiere revisar si durante el uso del equipo no exista calentamiento de los recipientes de almacenamiento de los gases.

2.2.4.4. Exposición a humos de la soldadura oxiacetilénica

Lo adecuado para realizar soldadura o corte con este proceso es poseer un espacio con una ventilación adecuada para evitar riesgos, es recomendable que estos procesos se los realice en mesas fijas con sistemas extracción localizados en la parte lateral de la estación de trabajo, con el fin de asegurar una alta eficiencia en el desalojo de estos gases.

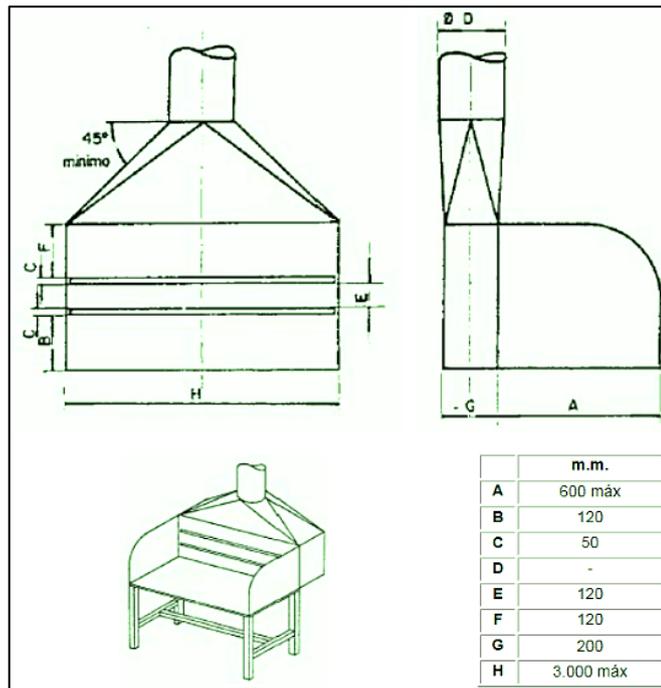


Ilustración 2-8: Dimensiones recomendadas en el sistema de extracción

Fuente: del Pino, J., 1998

2.3. Gases provenientes de procesos de soldadura

De acuerdo con OSHA (Occupational Safety & Health Administration) el humo que emana la maquinaria específicamente usada para soldar suele estar compuesto por los siguientes gases:

Tabla 2-9: Composición del gas de soldadura

Identidad química	CAS No.
Dióxido de nitrógeno	10102-44-0
Dióxido de carbono	124-38-9
Monóxido de carbono	630-08-0
Ozono	10028-15-6
Manganeso	7439-96-5

Fuente: Infra, 2017

En la tabla 2-10 se muestran valores límite a los cuales un trabajador puede estar expuesto ante distintos gases, promedio ponderado en el tiempo (PPT) y de corto tiempo pico (CTP), de acuerdo con NOM-010-STPS-2014 (Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral).

Tabla 2-10: Valores límite de exposición

Identidad química	Tipo	Valores límite de exposición
Dióxido de carbono	PPT	5,000 ppm
	CTP	30,000 ppm
Monóxido de carbono	PPT	25 ppm
Dióxido de nitrógeno	PPT	0,2 ppm
Ozono	CTP	0,1 ppm
Manganeso	PPT	0,2 mg/m ³
Dióxido de titanio	PPT	20 mg/m ³

Fuente: Infra, 2017

Se requiere el uso de protección en el rostro al momento de realizar este tipo de procedimientos en un espacio confinado para evitar el contacto directo con gases y humos que emana el proceso de soldadura. Para protección facial se requieren usar lentes de sombra número doce o mayor, tener precaución al momento de elegir la ropa a usar, esta debe ser lo suficientemente resistente para evitar quemaduras o choques eléctricos en todo el cuerpo del personal (Infra, 2017).

- *Efectos sobre la exposición a corto plazo (aguda)*

El humo de soldadura puede producir molestias en la salud del trabajador, como: náuseas, dolores de cabeza, mareos, sequedad o irritación en la cavidad nasal, garganta u ojos.

- *Efectos sobre la exposición a largo plazo (crónica)*

Si los trabajadores están expuestos a niveles excesivos de humos de la soldadura durante períodos de tiempo largos son propensos a sufrir asma bronquial, fibrosis pulmonar, neumoconiosis o siderosis.

2.3.1. Aspecto granulométrico de humos y gases de procesos de soldadura

El aspecto de estas partículas en ciertos casos no son nada visible al ojo humano, pero una cantidad muy cercana al 99% del total de los gases ingresan hacia el sistema respiratorio de las personas, dependiendo su aspecto y tamaño avanzan al interior del ser humano, tales como:

- Las partículas de magnitudes mayores de diez μm son retenidas al inicio del aparato respiratorio (nariz o garganta).
- Partículas de magnitudes entre uno a diez μm suelen alcanzar a llegar a los bronquios.
- Las más peligrosas alcanzan a ingresar a los pulmones, partículas como el cromo, níquel, etc. que alcanzan una magnitud inferior a un μm .

Con esto se deduce que las partículas respirables rondan entre dos décimas a cinco μm . Partículas con tamaños inferiores a estos se consideran sin importancia en cuanto a daños a la salud de las personas, debido a que se condensan rápidamente por su tamaño muy parecido a las partículas gaseosas que circundan en el aire ambiente, por otro lado, partículas con un tamaño mayor a diez μm , no suelen permanecer por mucho tiempo en el aire, por lo cual, estas se depositan en las superficies aledañas (Chimbo, Pérez y Cabezas, 2012).

2.3.2. Efectos de los gases de los procesos de soldadura en la salud del ser humano

Dependiendo el tipo de proceso de soldadura que se ejecute existirán distintas composiciones en los gases emanados, por lo general suele evidenciarse la existencia tanto de ozono y monóxido de carbono (CO), los cuales producen un daño excesivamente grave en la salud de los trabajadores evidenciando en ciertos casos la muerte de los trabajadores, esto lo podemos evidenciar a continuación en la tabla 2-11:

Tabla 2-11: Efectos de los gases de soldadura en la salud.

Gases	Origen	Causas en la salud
Ozono	Arco de soldadura.	Hemorragias, derrames en los pulmones.
Monóxido de Carbono	Revestimiento del electrodo al provocar el arco de soldadura.	Dolores de cabeza, efectos crónicos cardiovasculares náuseas, e inclusive la muerte.
Óxido de Nitrógeno	Arco de soldadura.	Bronquitis crónica, edema pulmonar y fibrosis pulmonar.

Fuente: Chimbo et al., 2012

2.4. Sistemas de extracción

Los sistemas de extracción de humo realizan una operación de intercambio entre el aire contaminado por los gases emanados por el proceso de soldadura y el aire que circula en el exterior, en algunos casos el aire contaminado pasa por un filtro para su correcta salida al medio ambiente, esto permite que entre y salga aire limpio al taller en todo momento.

Para la construcción de estos sistemas se requieren ciertos aspectos importantes para tener en cuenta para no cometer errores y a su vez obtener una instalación correcta, tales como, la cantidad del aire que va a circular por los ductos así también como determinar los puntos de entrada y los de salida de aire (Valencia C., 2022).

2.4.1. Disposición del sistema

Debido a la gran variedad de configuraciones en estos sistemas no existe normativa fija con recomendación o aspectos a tomar en cuenta para una correcta disposición de este sistema, según (Soler, Palau, 2012) se requieren seguir las siguientes indicaciones generales:

- Verificar que las entradas de aire se encuentren en sentido contrario a la situación de los equipos de ventilación para asegurar que el aire de ingreso cruce el área contaminada.
- Se debe ubicar los extractores lo más cerca posible de la Fuente de contaminación para asegurar que el aire contaminado no tenga un gran alcance dentro del lugar.
- Evitar que el extractor este cerca de una entrada de aire, con el fin de evitar un posible reingreso del aire contaminado.

2.4.2. Extractores de humo

Un sistema de extracción de humo o gases de cualquier naturaleza se evidencia muy comúnmente en hogares y en ciertos lugares industriales, son usados para manejar una mejor ventilación localizada en lugares ya sean o no totalmente confinados, con el fin de precautelar la salud de las personas. La falta de uno de estos sistemas hace que varias sustancias tóxicas circundan el ambiente laboral ocasionando problemas de contaminación y a su vez el daño a la salud de los operadores, para determinar qué tipo de sistema se requiere, se deben tener en cuenta las siguientes características:

- Función para realizar.
- Cantidad de aire que va a circular.
- Puntos de entradas y salidas del aire.
- Sentido de circulación del aire.

Este tipo de sistemas tienen el fin de sustituir una porción de aire relativamente contaminado por otro que mantenga un cierto porcentaje de pureza, temperatura o humedad adecuado para mantener el bienestar de las personas (Codinter, 2023).

2.4.2.1. Sistemas de extracción

Los sistemas de extracción son empleados para remover gases, humos, vapores, etc., que se generan en un proceso y se clasifican en los sistemas expuestos a continuación.

- *Sistemas de extracción general*

Sistema que controla el nivel de calor y extracción de contaminantes que se generan, mediante la inyección de aire hacia el interior. Para controlar la contaminación, el sistema se denomina de ventilación general por dilución, y es necesariamente una cantidad necesaria de aire exterior para que se mezcle con el contaminante y así disminuir la concentración (Delgado A., 2016).

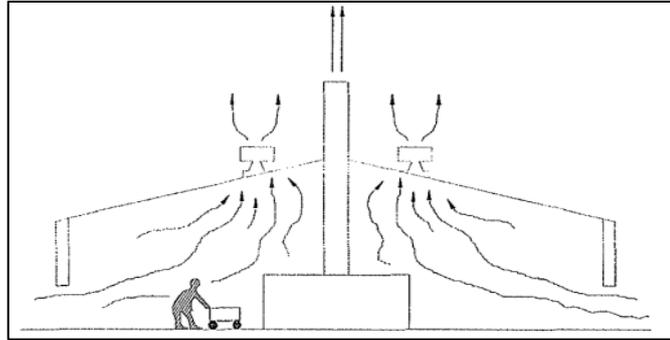


Ilustración 2-9: Sistema de extracción por dilución.

Fuente: Delgado, A., 2016

- *Sistema de extracción localizada.*

Sistema que capta las partículas nocivas como lo es el polvo, humo, vapores, etc., lo más cercano posible a la fuente en la que se genera, con ello se evita que estas partículas se dispersen en el interior del taller.

Los equipos más comunes de la extracción localizada consisten en los siguientes componentes:

Campana. Tiene la función de captar de la manera más eficiente los contaminantes que se han generado.

Conductos. Medio por el cual circulan los contaminantes en conjunto con las partículas del aire.

Depurador. Encargado de separar las partículas del aire.

Ventilador. También conocido como extractor y genera la circulación o aspiración del aire.

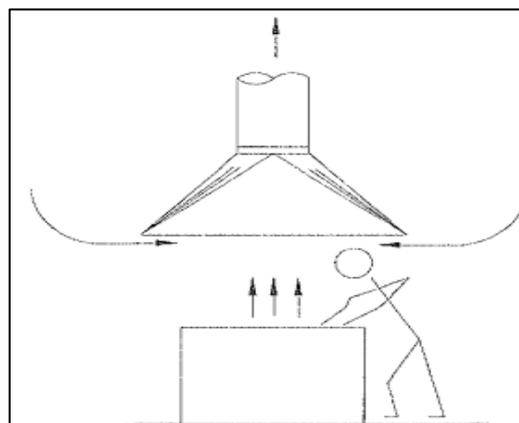


Ilustración 2-10: Sistema de extracción localizada.

Fuente: Delgado, A., 2016

En los sistemas de extracción localizada la eficiencia depende de su capacidad para producir corrientes de aire de una magnitud significativa en los puntos en los que se da el contaminante. Todo lo mencionado se genera modificando el diseño: variando las distancias, con distintas geometrías o adaptaciones de las campanas extractoras al foco generador, modificando el caudal de extracción, también comprobando la limpieza o estado de los filtros y conductos. Por lo cual se tendrá que realizar un mantenimiento (Redola, A., 2015).

2.5. Componentes de los sistemas de extracción

Existen diversos sistemas de extracción, dependiendo de la necesidad que se tenga en la empresa y al espacio disponible para la instalación, además de asegurar la ergonomía del operador tomando en cuenta las dimensiones de la mesa de trabajo y la altura que se va a tener hasta la campana, su diseño debe basarse en ciertas normas de seguridad con el fin de evitar ya sean accidentes o una operación ineficiente del sistema.

2.5.1. Campanas de extracción fijas

Estos equipos son los más usados dentro de la industria, debido a que son suspendidas sobre la mesa de trabajo en una cabina cerrada lo que permite la succión de los gases aumentando su eficiencia, esto en un puesto de trabajo fijo donde el trabajador no tiene que realizar actividades de desplazamiento fuera de la cabina para realizar su trabajo, cabe recalcar que su uso es limitado cuando se requiere extraer gases tóxicos y a su vez el operador tenga que inclinarse para realizar su trabajo (Chimbo et al., 2012).

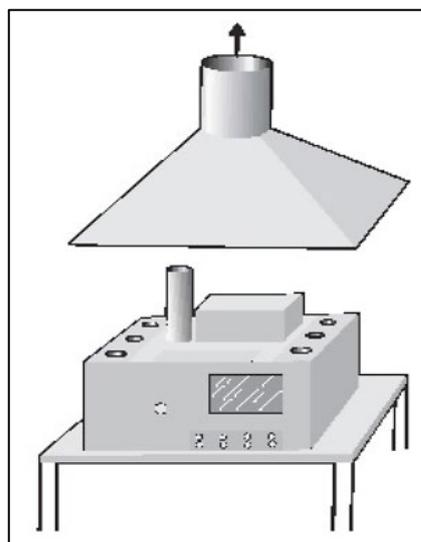


Ilustración 2-11: Campana de extracción

Fuente: Solá y Cobo, 2004

En este sistema la eficiencia total suele disminuir si las dimensiones de la mesa superan los setenta cm tanto de largo como ancho a su vez también de la altura que se tenga desde la campana hasta la mesa de trabajo debido a que se requiere un equipo más potente, para su diseño o instalación se debe tener en cuenta ciertos parámetros recomendados, tales como:

Tabla 2-1: Parámetros recomendados de diseño

Parámetros recomendados	
Caudal de extracción	2000 m ³ /h
Velocidad del aire	5 m/s

Fuente: Chimbo et al. 2012

A la campana también se la conoce como dispositivo de captación, ésta evita que el gas contaminante logre esparcirse por todas las instalaciones, por lo cual en su diseño e instalación se debe tener mucho cuidado debido a que un mal procedimiento de estos repercute en consecuencias económicas fuertes para compensar el error cometido, como un extractor de mayor potencia al determinado, la campana puede tomar varias configuraciones dependiendo el requerimiento y la distribución de las instalaciones donde se la va a ubicar, varios de estos tipos se observan en la tabla 2-14 con su debida expresión para la determinación del caudal según su configuración.

2.5.1.1. Velocidad de captación

La velocidad en los equipos de captación sobre el aire debe ser lo suficiente para arrastrar vapores, gases, humos, etc. en el punto más lejano de la campana, según Soler y Palau, (2012) las velocidades de captación recomendadas en función de la naturaleza del gas se encuentran en la tabla 2-13.

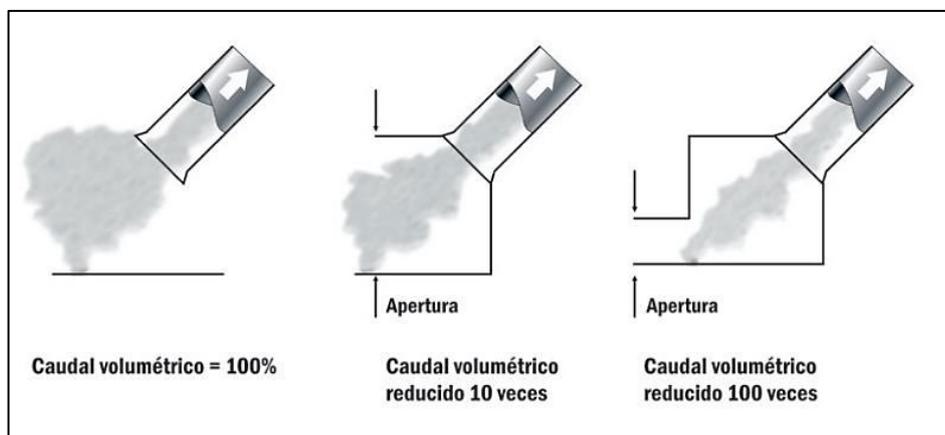
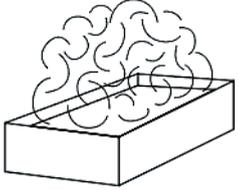
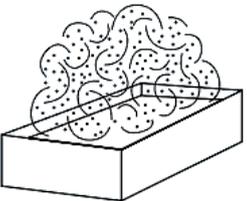


Ilustración 2-12: Forma de captación de gases en la campana

Fuente: Centro Tecnológico del Granito, 2023

Tabla 2-12: Velocidades de captación recomendadas

Tipo de gas a extraer	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación [m/s]
Solo gases y vapores. 	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto.	Cocinas, evaporación en tanques, desengrasado.	0,25 – 0,5
	Desprendimiento a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura , decapado, talleres de galvanotecnia.	0,5 – 1
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cabinas de pintura.	1 – 2,5
Con partículas sólidas en suspensión. 	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Trituradoras.	1 – 2,5
	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire.	Esmerilado, rectificado.	2,5 - 10

Fuente: Soler y Palau, 2012

Dependiendo la naturaleza del gas y sus características se adoptarán ya sean los límites superior e inferior del intervalo, se requiere seguir las consideraciones de la tabla 2-14.

Tabla 2-13: Límites de intervalos para la velocidad de captación

Límites para considerar en los intervalos	
Límite superior	Límite inferior
Corrientes turbulentas en el local.	Pocas corrientes de aire en el local.
Contaminantes de alta toxicidad.	Contaminantes de baja toxicidad.
Operaciones continuas.	Intermitencia de las operaciones.
Campanas de pequeño tamaño.	Campanas grades y caudales elevados.

Fuente: Soler y Palau, 2012

Para ciertas aplicaciones se han estandarizado ciertos valores recomendados en la velocidad de captación en campanas fijas para gases y vapores mediante experimentación tomando en cuenta las características de la fuente de contaminación.

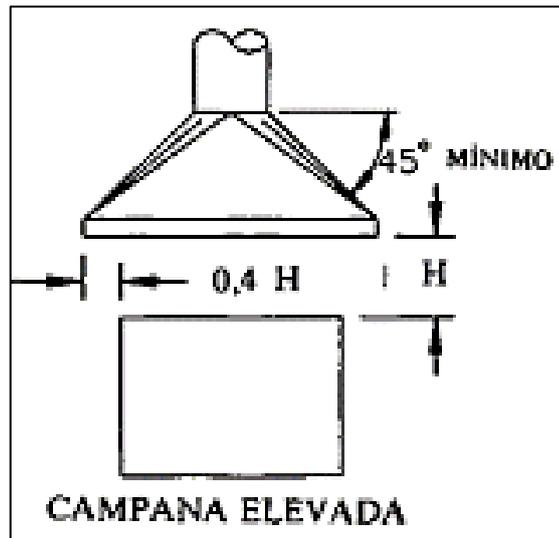


Ilustración 2-13: Recomendaciones velocidad de captación

Fuente: ACGIH, 1988

Para este tipo de campana elevada se hace uso de la siguiente ecuación para determinar el caudal:

$$Q = 1,4PHV \quad (1)$$

Donde:

- P: Perímetro de la cuba [m]

Esta configuración no es recomendada si los trabajadores deben inclinarse sobre el foco de contaminación del aire, la velocidad varía entre 0,25 y 2,5 en función de las corrientes de aire transversales. Se recomienda instalar pantallas laterales en dos o tres lados para crear una semi cabina o cabina, en caso de requerir una fuente más específica.

2.5.1.2. Consideraciones para el dimensionamiento de la campana

- *Campana de extracción fija*

Dependiendo la configuración que se tenga en la mesa o sitio de trabajo se determina el tipo de campana a construir, para campanas elevadas como se observa en la ilustración 2-13 se requiere verificar que el ángulo de inclinación que se tiene en la arista de la campana en función de la horizontal sea de 45° como mínimo para garantizar el mayor volumen de extracción posible.

- *Campana de extracción suspendida*

En campanas de extracción suspendidas sobre el puesto de trabajo donde no existan apoyos sobre paredes o muros, tanto el largo como el ancho de ésta debe estar dimensionada con un excedente equivalente al 0,4 de la altura de extracción.

- *Banco de extracción con rejilla*

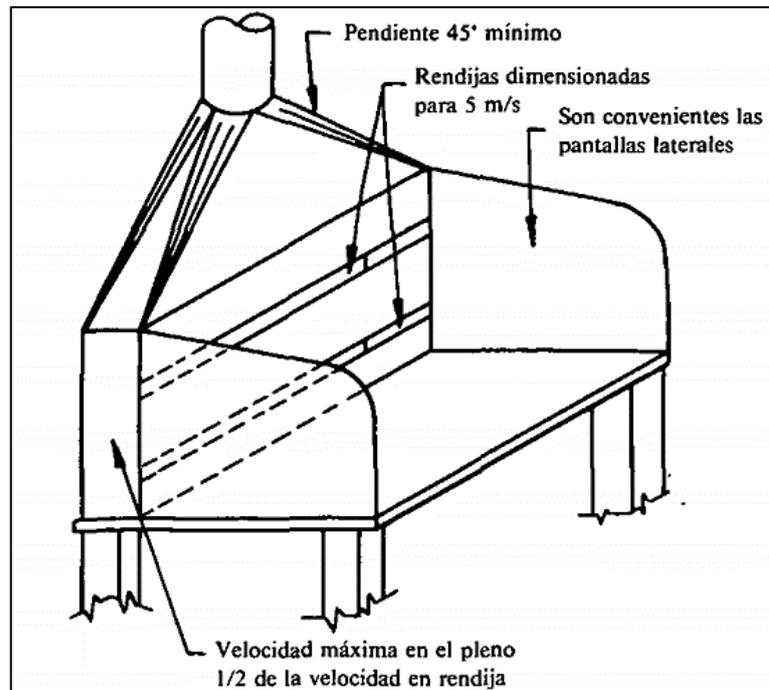


Ilustración 2-14: Banco de extracción con rejillas

Fuente: ACGIH, 1988

Para el dimensionamiento de este sistema se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- $Q = 0,54 \text{ m}^3/\text{s}/ (\text{m de longitud de la mesa})$
- La longitud de la campana depende de las dimensiones de la mesa de trabajo.
- Ancho de la mesa debe ser máximo de 600 mm.
- La velocidad del fluido dentro del ducto es 5,15 m/s
- Para las pérdidas en la entrada del fluido (rejillas), se las determina con la siguiente expresión:

$$P_{ent} = 1,78PD_{rejilla} + 0,25PD_{ducto} \quad (2)$$

2.5.2. *Mangas móviles de extracción*

Se utiliza cuando el soldador requiere desplazarse durante el trabajo, por lo cual se requiere de bocas de aspiración desplazables hasta la zona donde se realizan los procesos de soldadura.

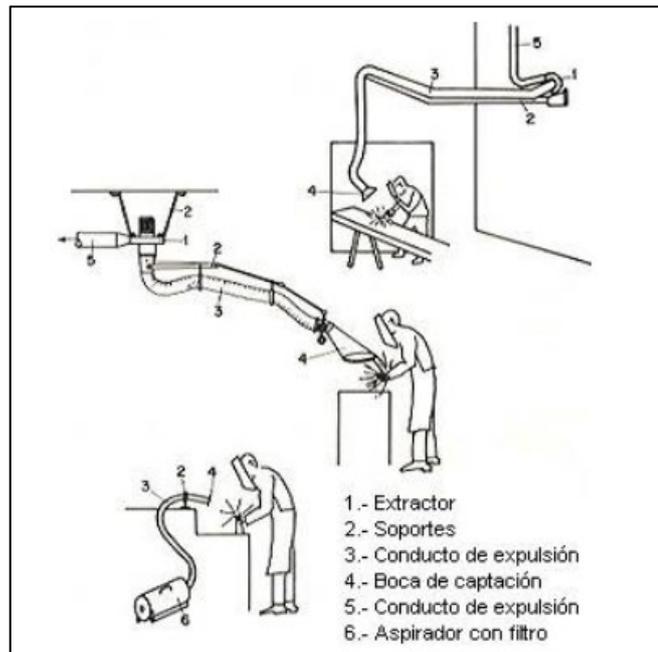


Ilustración 2-15: Mangas de extracción móviles.

Fuente: Castejón y Sotorra, 1982

Según Castejón y Sotorra (1982), el caudal de extracción necesario depende de la distancia entre la boca de aspiración y el punto de soldadura para lograr mantener la eficacia del sistema. Entre los valores comúnmente empleados se los presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2-14: Valores empleados en el caudal de aspiración

Caudal (m ³ /h)	Distancia (m)
200	0.1
750	0.2
1650	0.3
3000	0.4
4500	0.5

Fuente: Castejón y Sotorra, 1982

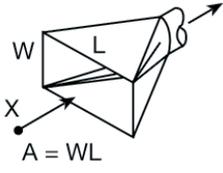
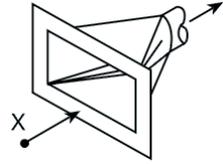
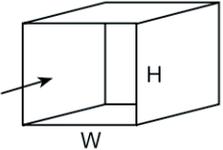
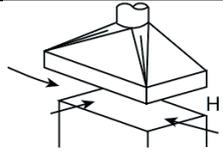
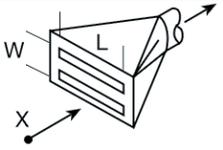
Al aumentar la distancia entre el punto de soldadura y de aspiración, se debe aumentar la velocidad de extracción con el fin de garantizar la evacuación de los gases de soldadura.

2.5.3. Caudal de extracción

El caudal de extracción es el punto de inicio para determinar la cantidad de fluido que se debe extraer mediante el tipo de campana empleado por lo que se debe encerrar la operación tanto como sea posible, logrando una menor cantidad de fluido a evacuar. La expresión para el cálculo

del caudal depende de la configuración que se tenga en la campana, varias de estas se evidencian en la tabla 2-16.

Tabla 2-15: Tipos de campanas y su caudal de extracción

Tipo de campana	Descripción	Caudal
	Campana simple	$Q = V(10 * 2 + A)$
	Campana simple con pestaña	$Q = 0,75V(10 * 2 + A)$
	Cabina	$Q = VA = VWH$
	Campana elevada	$Q = 1,4PVH$
	Rendija múltiple, 2 o más rendijas	$Q = V(10 * 2 + A)$

Fuente: Soler y Palau, 2012

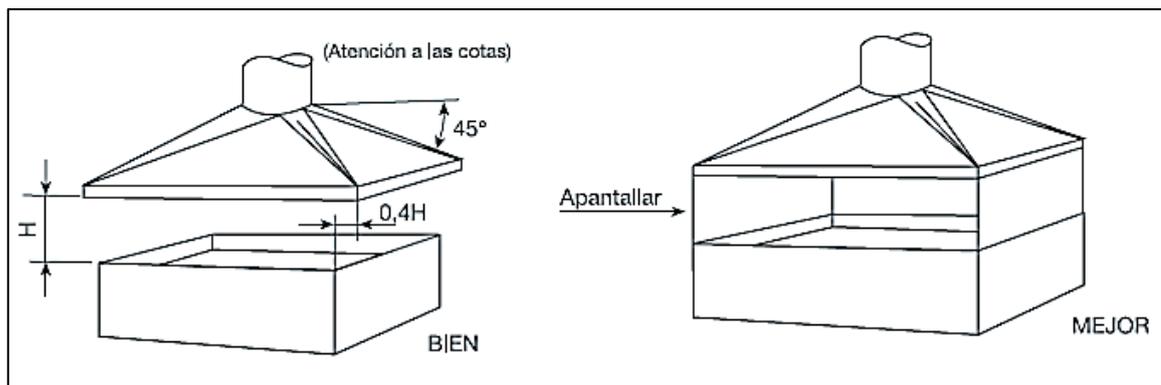


Ilustración 2-16: Configuración campana elevada

Fuente: Soler y Palau, 2012

2.5.4. *Extractor en la pistola de soldar*

En varios tipos de soldadura como la de hilo continuo y atmosfera protectora existen extractores acoplados en la boquilla de soldadura que se encargan de absorber los gases generados durante el proceso de soldadura.

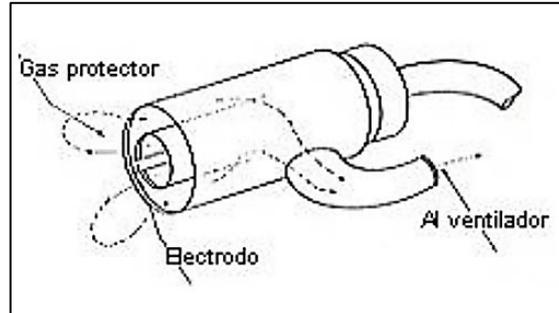


Ilustración 2-17: Extractor en la pistola de soldar.

Fuente: Castejón y Sotorra, 1982

2.5.5. *Ductos*

Lugar por donde circula el aire contaminado producto de los gases del proceso de soldadura que van desde la campana conectando con los demás elementos que componen el sistema de extracción, es por ello, por lo que se debe vencer la resistencia generada por el aire estático y la fricción presente ya que de está depende la selección del extractor.

2.5.5.1. *Tipos de ductos.*

De acuerdo con la clasificación de los sistemas de extracción se pueden tener ductos rígidos y flexibles, los mismos que pueden presentar formas cuadradas, rectangulares o circulares dependiendo la disposición y el espacio donde serán instalados. El ducto circular es el que presenta la menor resistencia a fluir por lo que las ecuaciones relacionadas al cálculo del diámetro y pérdidas en el sistema de ductos se generalizan para este tipo de sección.

2.5.5.2. *Material para ductos.*

Los ductos puede ser fabricados de diferentes materiales dependiendo el área de instalación, pero los más comunes son metálicos y plásticos los mismos que varían por sus costos. En la siguiente tabla se presentan algunos ejemplos:

Tabla 2-16: Materiales para la construcción de ductos

Metálicos	Acero inoxidable (304-316)
	Acero galvanizado.
	Aluminio
Plásticos	Cloruro de polivinilo (PVC)
	Plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP)
	Polipropileno (PP)

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

La selección del material varía en función de los factores presentes en el lugar donde se va a realizar la implementación tales como: humedad, temperatura, presión, etc. A su vez se requiere tomar en consideración el presupuesto debido a que, el acero inoxidable por sus características y su alta resistencia a la corrosión es más caro en comparación al acero galvanizado, debido a que éste último tiene la composición de acero ASTM A653 G60 (disponible en el país en Novacero) con un recubrimiento de zinc, además brinda una resistencia más alta a la corrosión en comparación con el acero estructural.

2.5.5.3. Circulación de aire por conductos

Para ventilar un espacio por lo general con la ayuda de un ventilador o extractor se conduce el aire por conductos de distintas geometrías y longitudes dependiendo el requerimiento, al fluir el aire por estos equipos absorbe la energía proporcionada por el extractor debido al rozamiento que existe con las paredes de los ductos y distintos accesorios como los codos, uniones, etc. Dentro del ducto la velocidad se determina en relación con el aire mediante la siguiente tabla:

Tabla 2-17: Velocidad de diseño en conductos

Circulación del aire por conductos		
Tipos de contaminantes	Ejemplos	Velocidad de diseño [m/s]
Gases, vapores		5 – 6 (*)
Humos	Humos de óxido de zinc y aluminio	7 – 10 (*)
Polvos muy finos y ligeros	Felpas muy finas de algodón	10 – 13 (*)
Polvos secos y pólvoras	Polvos finos de caucho, baquelita, yute, polvos de algodón o jabón.	13 – 18
Polvos industriales medios	Abrasivos de lijado en seco, polvos de amolar, polvos de yute, grafito, corte de briquetas, polvos de arcilla, de calcáreo, embalaje o pesada de amianto en las industrias textiles.	18 - 20

Polvos pesados	Polvo de toneles de enarenado y desmoldeo, chorreado, escareado.	20 - 23
Polvos pesados o húmedos	Polvos de cemento húmedo, de corte de tubos de amianto – cemento o cal viva.	> 23

Fuente: ACGIH, 1988

Nota: Por lo general en aplicaciones se considera un valor de diez m/s en la velocidad del gas dentro de los ductos.

En la tabla 2-19 observamos distintos valores de velocidades de diseño de ductos dependiendo la naturaleza del contaminante.

Tabla 2-18: Valores recomendados para la velocidad de diseño de conductos

Naturaleza del contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos.	Indiferente (la velocidad óptima económicamente suele encontrarse entre 5 – 10 m/s)
Humos de soldadura	Soldadura.	10 – 12,5
Polvo muy fino y ligero	Hilos de algodón, harina de madera, polvo de talco.	12,5 – 15
Polvos secos	Polvo fin de caucho, baquelita en polvo para moldeo, hilos de yute, polvo de algodón, virutas (ligeras), polvo de detergente, polvo de detergente, raspaduras de cuero.	15 - 20
Polvo ordinario	Polvo de desbarbado, hilos de muela de pulir (secos), polvo de lana de yute (residuo de sacudidor), polvo de granos de café, polvo de cuero y granito, harina de sílice, manejo de materiales, manejo de materiales pulverulentos en general, corte de ladrillos, polvo de arcilla, fundiciones (en general), etc.	17,5 - 20
Polvos pesados	Polvos de aserradero (pesado y húmedo), viruta metálica, polvo de desmoldeo de fundiciones, polvo en el chorreado con arena, pedazos de	20 – 22,5

	madera, polvo de barrer, virutas de latón, polvo de taladrado de fundición, polvo de plomo.	
Polvo pesado húmedo	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, polvo de corte de tubos de amianto – cemento, hilos de muela de pulir (pegajosos).	> 22,5

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

- *Pérdida de carga*

La pérdida de carga en estos sistemas hace mención del gasto energético del equipo (extractor) debido a que el aire a extraer necesita vencer la fricción que existe en las paredes de los ductos, esta pérdida de energía se la determina mediante el cálculo del diámetro hidráulico, éste se encuentra en base a la longitud del tramo del conducto, velocidad y densidad del aire o gas extraído, rugosidad del material del cual están fabricados los conductos y sus dimensiones, en primera instancia la pérdida de carga se la determina de acuerdo al Anexo A, con un coeficiente de fricción de 0,02 el cuál es propio para una plancha de acero galvanizado.

En caso de usar conductos con sección rectangular o cuadrada se requiere en primera instancia determinar un diámetro equivalente a una sección circular, esta se determina de acuerdo con el Anexo B usando las dimensiones de los conductos (Soler y Palau, 2012).

- *Cálculo de la pérdida de carga*

Para el cálculo de la pérdida de carga en los elementos de conducción debido a la presión dinámica que se genera por la circulación del aire, usando coeficientes de proporcionalidad los cuales son determinados de manera experimental las pérdidas se calculan mediante la siguiente expresión:

$$\Delta P = n * P_d \text{ [mm c. d. a]} \quad (3)$$

Donde:

n: Coeficiente de proporcionalidad determinado en el Anexo C.

Pd: Presión dinámica determinada por el Anexo D.

2.6. Sistemas de ventilación

En muchos talleres ya sean de metalmecánica como especializados en distintos procesos de soldadura debe gozar de una buena ventilación, iluminación, etc. La ventilación es sustituir una cierta cantidad de aire contaminado o perjudicial para la salud de personal por otro que se encuentre en mejores condiciones de humedad (30 – 70%), temperatura (14 – 25°C) con el fin de evitar enfermedades respiratorias del personal (Soler & Palau, 2012).

En el campo de la industria metalmecánica y de los distintos talleres pequeños que efectúan actividades donde se evidencie partículas metálicas circundantes en el aire ya sea como los producidos por los procesos de corte y los compuestos químicos como el Monóxido de Carbono (CO) que producen los procesos de soldadura son dañinos para la salud de los trabajadores, tomando en cuenta que ciertas personas no usan los equipos de protección personal adecuados para realizar estas actividades. Los sistemas de extracción en este caso son diseñados justamente para retirar o extraer este aire contaminado del campo de trabajo del personal, esto se lo hace con ayuda de campanas de extracción o en ciertos casos ductos articulados o mangas colocadas en la parte superior de donde se realiza el trabajo. Con el avance tecnológico se ha logrado construir sistema de extracción portátiles y ligeros donde el trabajador sin ninguna dificultad puede transportar el sistema a distintas partes donde vaya a ejecutar este tipo de actividades. En ciertos casos algunas empresas han optado por la adquisición de sistemas que ejecuta un proceso de dilución, en este caso este se centra en mezclar tanto el aire contaminado con aire de mejor calidad, disminuyendo así la probabilidad de que el trabajador sufra de algún daño respiratorio (Codinter, 2023).

2.7. Ventilación industrial

Dentro de un espacio confinado o en una cámara en específico se requiere tener un sistema de ventilación localizado, con el fin de evitar que el operador entre en contacto directo con el gas proveniente de los distintos procesos de soldadura. A su vez se requiere evitar actividades que posibiliten la suspensión de partículas de polvo en el aire. Para realizar estas actividades el trabajador debe estar equipado con los EPP adecuados para protección tanto de su integridad física evitando quemaduras, así como una mascarilla industrial con el fin de evitar inhalar el gas de estos procesos (Consejería de Educación y Empleo, 2020).

2.7.1. Ventiladores

Los ventiladores son equipos usados en la industria para incrementar la presión y el flujo de gases, este tiene un principio de funcionamiento similar al de las bombas, este extrae el aire del medio lo acelera con la ayuda de su rodete o aspas de su interior aumentando su velocidad y disminuyendo su temperatura con el fin de expulsarlo. Los ventiladores son diseñados para operar en un rango de presiones entre 0 a 1500 Pa, dependiendo el uso (Mott et al., 2015).

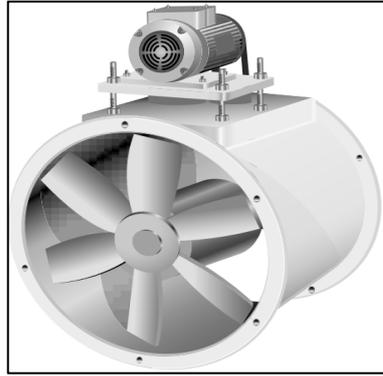


Ilustración 2-18: Ventilador de ductos

Fuente: Mott et al., 2015

Existen ciertos tipos de ventiladores, entre estos encontramos los siguientes:

2.7.1.1. Ventiladores centrífugos

Un ventilador centrífugo consta de un rodete compuesto de álabes, éste gira con la ayuda de un motor eléctrico con el fin de generar el desplazamiento del aire o algún fluido de naturales gaseosa, estos equipos son muy usados dentro de la industria minera y transporte público para la climatización de las unidades. En ciertas aplicaciones son eficientes alcanzando presiones de 2600 milímetros de columna de agua con un caudal hasta de 1000 m³/s aproximadamente, alcanzando dimensiones grandes hasta de 8 m de diámetro en aplicaciones como en torres de refrigeración (Serna, J., 2011).

Tabla 2-2: Características del aire circundante en el ventilador

Características del aire en ventiladores centrífugos	
Temperatura	20 °C
Humedad relativa	65 %
Presión	760 mmHg

Fuente: Serna, J., 2011

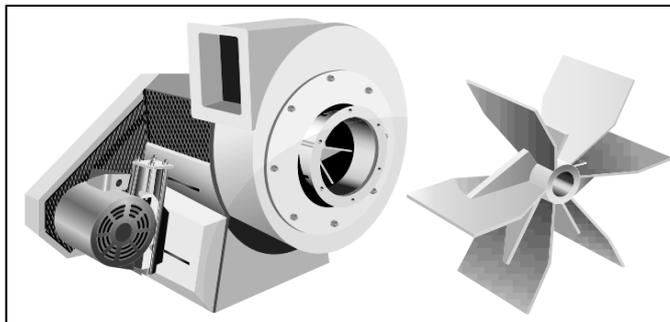


Ilustración 2-19: Ventilador centrífugo

Fuente: Mott et al., 2015

2.7.1.2. Ventiladores axiales

Según Mott et al. (2015), los ventiladores axiales son aquellos en los cuales el flujo de aire va en la dirección del eje mismo y logran mover caudales grandes a presiones bajas con velocidades periféricas medianamente altas y generalmente ruidosos. Entre ellos se destacan:

- *Ventilador turbina de hélice*

Dispone de turbinas tipo hélice, normalmente de dos o más alabes rodeados por un anillo de cobertura con una eficacia baja para funcionamientos a presión bajas. Se aplican para conseguir mover caudales grandes de aire tales como: recirculación del aire en interiores o ventilación a través de paredes al exterior.

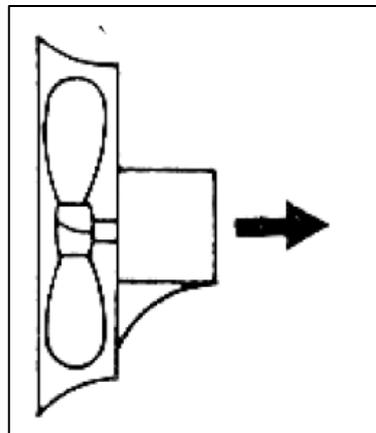


Ilustración 2-20: Ventilador turbina de hélice

Fuente: Metal Blower 2012

- *Ventilador de turbina y tubo axial*

Turbina con características similares a la de hélice, pero con mayor número de palas, está se encuentra en el interior del tambor lo que ayuda al incremento de la capacidad de presión y eficacia. Tiene aplicaciones en sistemas de climatización y ventilación (HVAC, Heating, Ventilation and Air Conditioning) donde la distribución de aire por el aire de descenso no es crítica siendo empleados en hornos de secad con cabinas de dispersión y sistemas de extracción de gases.

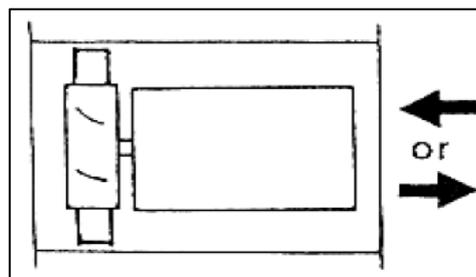


Ilustración 2-21: Ventilador de tubo axial

Fuente: Metal Blower 2012

- *Ventilador de paso fijo vene-axial*

Es el ventilador axial más eficiente con paletas direccionales para mejorar la capacidad de la presión y rendimiento. Estas paletas frecuentemente tienen formas aerodinámicas y regulables al estar en funcionamiento mediante accionadores, además la presión puede ser media alta, tienen aplicaciones semejantes al tubo axial con una buena distribución de aire y son muy empleados en las industrias

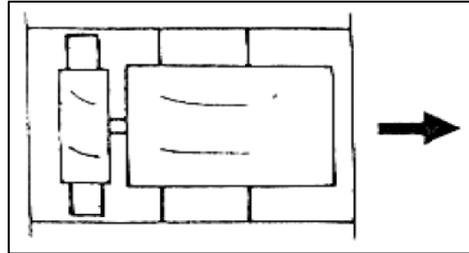


Ilustración 2-22: Ventilador vene-axial

Fuente: Metal Blower 2012

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Concentración de agentes tóxicos en el proceso SMAW

En el taller de soldadura de la Facultad de Mecánica los estudiantes y profesores realizan varias prácticas al día (al menos dos prácticas diarias), debido a que el taller no posee la ventilación necesaria para poder evacuar los gases generados por las soldadoras ya que éstos tienden a acumularse provocando una nube gris evidente cuando las prácticas son continuas, cabe recalcar que cada clase dura alrededor de tres horas con el objetivo de que los alumnos puedan practicar lo suficiente y mejorar sus destrezas técnicas.

En las prácticas se usan distintos elementos consumibles, entre los más usuales: E-6011, E-6013, E-7018, en distintas posiciones sobre la placa de trabajo, cada electrodo de 350 mm de longitud se consume en un lapso de 120 segundos aproximadamente generando un cordón de 10 - 15 cm.

3.1.1. Calidad del aire antes de usar las soldadoras

Se realizó una medición de los agentes tóxicos presentes en el aire con la ayuda del “Testo – 340”, antes de usar las soldadoras y a temperatura ambiente de 20,9 °C, de acuerdo con el anexo A se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 3-1: Medición de agentes tóxicos antes de usar las soldadoras

Concentración de gases antes de usar las soldadoras	
Monóxido de carbono (CO)	0 ppm
Monóxido de nitrógeno (NO)	0 ppm

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

3.1.2. Calidad del aire durante los procesos de soldadura

Durante el uso de las soldadoras se usan distintos consumibles como los electrodos de tres mm de diámetro (1/8 in) AGA, además el material base que por lo general son placas de acero A-36 con un espesor de 0,25 in. Dependiendo del soldador el tiempo en realizar una práctica varía entre 60 – 120 minutos soldando toda la placa, el taller dispone de diez estaciones de trabajo sin tomar en cuenta los tres equipos que se usan en otro espacio dentro del mismo taller.

- De acuerdo con el anexo B usando E – 6013 durante un lapso de 120 segundos por electrodo se obtuvieron las siguientes concentraciones de agentes tóxicos a una temperatura ambiente de 23,6 °C.

Tabla 3-2: Medición de agentes tóxicos usando E - 6013

Concentración usando E – 6013 en una estación	
Monóxido de carbono (CO)	37 ppm
Monóxido de nitrógeno (NO)	16 ppm

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

Por práctica se suelen consumir alrededor de seis electrodos por estación (un estudiante por estación), tomando en cuenta que son diez estaciones y tres máquinas fuera del lugar de las estaciones se tiene la siguiente concentración tanto de CO como de NO.

$$CO = 481 \text{ ppm}$$

$$NO = 208 \text{ ppm}$$

Al día se realiza alrededor de tres prácticas tomando en cuenta que las cuatro escuelas de la facultad usan el taller, con esto se obtiene los siguientes resultados:

$$CO = 1443 \text{ ppm}$$

$$NO = 624 \text{ ppm}$$

- De acuerdo con el anexo C usando E – 6011 durante un lapso de 120 segundos por electrodo se obtuvieron las siguientes concentraciones de agentes tóxicos a una temperatura ambiente de 23,6 °C.

Tabla 3-3: Medición de agentes tóxicos usando E - 6011

Concentración usando E – 6011 en una estación	
Monóxido de carbono (CO)	97 ppm
Monóxido de nitrógeno (NO)	27 ppm

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

Por práctica se suelen consumir alrededor de ocho a diez electrodos por estación (un estudiante por estación), tomando en cuenta que son diez estaciones y tres máquinas fuera del lugar de las estaciones se tiene la siguiente concentración tanto de CO como de NO.

$$CO = 1261 \text{ ppm}$$

$$NO = 351 \text{ ppm}$$

Al día se realiza alrededor de tres prácticas tomando en cuenta que las cuatro escuelas de la facultad usan el taller, con esto se obtiene los siguientes resultados:

$$CO = 3783 \text{ ppm}$$

$NO = 1053 \text{ ppm}$

- De acuerdo con el anexo D Usando E – 7018 durante un lapso de 120 segundos por electrodo se obtuvieron las siguientes concentraciones de agentes tóxicos a una temperatura ambiente de 23,3 °C.

Tabla 3-4: Medición de agentes tóxicos usando E - 7018

Concentración usando E – 7018 en una estación	
Monóxido de carbono (CO)	47 ppm
Monóxido de nitrógeno (NO)	2 ppm

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

Por práctica se suelen consumir alrededor de seis electrodos por estación (un estudiante por estación), tomando en cuenta que son diez estaciones y tres máquinas fuera del lugar de las estaciones se tiene la siguiente concentración tanto de CO como de NO, tomando en cuenta que este es un electrodo de bajo hidrógeno.

$CO = 611 \text{ ppm}$

$NO = 26 \text{ ppm}$

Al día se realiza alrededor de tres prácticas tomando en cuenta que las cuatro escuelas de la facultad usan el taller, con esto se obtiene los siguientes resultados:

$CO = 1883 \text{ ppm}$

$NO = 78 \text{ ppm}$

Diariamente se llegan a tener altas concentraciones de CO y NO por la inadecuada ventilación del taller, llegando a concentraciones de:

Tabla 3-5: Concentraciones de agentes tóxicos provocados por la soldadura

Concentración de agentes tóxicos	
Monóxido de carbono (CO)	7109 ppm
Monóxido de nitrógeno (NO)	1755 ppm

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

De acuerdo con la tabla 2-10, INFRA proporcionada por NOM-010-STPS-2014 el umbral máximo de exposición ponderado al monóxido de carbono (CO) es de 5000 ppm, mientras que para el monóxido de nitrógeno (NO) es 25 ppm.

Teniendo en cuenta que a exposición de estudiantes es a corto plazo debido a que son 3 horas clase por práctica, lo que genera mareos, náuseas, irritación en nariz, garganta y ojos. Pero a su vez eso puede desencadenar en fibrosis pulmonar tanto para estudiantes como docentes ya que un

periodo académico dura varios meses y en ciertos casos la exposición a estas concentraciones de gases es de manera diaria por las prácticas realizadas.

3.1.3. Calidad de aire después del uso de las soldadoras

Se realizó una medición de los agentes tóxicos presentes en el aire con la ayuda del “Testo – 340”, después de usar las soldadoras (60 minutos aproximadamente) y a temperatura ambiente de 23,6 °C, de acuerdo con el anexo E se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 3-6: Medición de agentes tóxicos después del uso de las soldadoras

Concentración de gases antes de usar las soldadoras	
Monóxido de carbono (CO)	0 ppm
Monóxido de nitrógeno (NO)	0 ppm

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024.

3.2. Parámetros de diseño

En el taller de soldadura de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH se tiene alrededor de diez estaciones de trabajo donde tanto estudiantes como profesores hacen uso de las soldadoras, en ciertos casos sobre todo en horas clase el uso del taller es masivo y la ventilación no es la adecuada debido a que no existen las condiciones necesarias para permitir la salida del gas producido por los procesos.

Cada una de las estaciones tiene las siguientes dimensiones:



Ilustración 3-1: Estación de trabajo del taller de soldadura

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

Tabla 3-7: Dimensiones de cada estación de trabajo

Dimensiones de las estaciones de trabajo	
Altura total de la estación	1,6 m
Altura de la zona de extracción	0,8 m
Largo de la mesa de trabajo	1,20 m
Ancho de la mesa de trabajo	0,7 m

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

La altura de la zona de extracción para las alternativas que constan de campanas se establece en 1,20 metros para alcanzar un total de 2 metros entre la campana y el suelo del taller, con el objetivo de facilitar la comodidad del soldador al realizar las actividades.

3.3. Despliegue de la función de calidad (QFD)

El objetivo principal de la metodología QFD en empresas grandes se centra en el lanzamiento del producto antes que su competencia, al mejor costo y con la mejor calidad del mercado teniendo como punto de partida los requerimientos del usuario con el fin de transformarlos en especificaciones técnicas para el diseño, analizando cada una de las competencias existentes para obtener un producto con un costo competitivo y con la mejor calidad.

3.3.1. Análisis de competencias

Se ha realizado varios análisis tanto de costos como de configuración en distintas empresas, con el fin de tener una referencia de cuan costosa es la construcción y mano de obra de los sistemas de extracción y a su vez optimizar nuestra propuesta tanto en material como en eficiencia y así obtener una alternativa competitiva.

Como alternativas de diseño y competencias tenemos las siguientes:

- Sistema de extracción de ductos y campanas ACERO&ACERO
- Sistema de extracción localizada C-Metálicas
- Sistema de extracción Provedora Industrial

Tabla 3-8: Sistema propuesto de ACERO&ACERO

Competencia 1			
Empresa	ACERO&ACERO	Tipo de sistema	Extracción localizada
Características del sistema propuesto por ACERO&ACERO			
Material	Acero ASTM A-36	Sistema de mando	Manual (General)
Equipos	Extractor tipo hongo	Ubicación empresa	Quito

Sistema	Sistema de ductos fabricado con acero A-36 y articulaciones flexibles para tener una extracción localizada, un extractor tipo hongo en la parte exterior del taller para todas las 10 estaciones.
Disposición	Ductos rectangulares fijados en cada estación para evitar molestia al momento de soldar, con una estructura que soporta el peso del ducto principal que se encarga de expulsar el gas hacia afuera.

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024.

Tabla 3-9: Sistema propuesto de C-Metálicas

Competencia 2			
Empresa	C-Metálicas	Tipo de sistema	Extracción localizada
Características del sistema propuesto por C-Metálicas			
Material	Acero Galvanizado	Sistema de mando	Manual (Independiente)
Equipos	Extractor centrífugo	Ubicación empresa	Quito
Sistema	Ductos de acero galvanizado unida a una campana dimensionada adecuadamente para asegurar la extracción de todo el gas, un extractor centrífugo que funciona de manera independiente para cada soldadora, en los ductos salientes se ubicará con una mariposa para evitar el reingreso del gas hacia el taller y unidas a un ducto principal para extraer el gas.		
Disposición	Ductos regulables y articulados para posicionar el ducto en el punto donde se va a soldar, el ducto principal fijado a una viga que se encuentra a 4 m del piso del taller y una estructura que soporta el peso.		

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024.

Tabla 3-10: Sistema propuesto de Provedora Industrial

Competencia 3			
Empresa	Provedora Industrial	Tipo de sistema	Extracción localizada
Características del sistema propuesto por Provedora Industrial			
Material	Acero Galvanizado	Sistema de mando	Manual
Equipos	Extractor axial directo	Ubicación empresa	Riobamba
Sistema	Ductos cuadrados de acero galvanizado unidos a una campana, un extractor axial que funciona de manera independiente para cada soldadora, en los ductos salientes se ubicará con una mariposa para evitar el reingreso del gas hacia el taller y unidas a un ducto principal para la expulsión del humo hacia el ambiente.		
Disposición	Ductos cuadrados en cada una de las estaciones con su respectiva campana con el fin de proporcionar una extracción eficiente, soportados por estructuras individuales fijadas en cada uno de los puestos de trabajo.		

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024.

3.3.2. *Requerimientos del usuario*

Se realizó una encuesta a los estudiantes y profesores que hacen uso de las instalaciones que tiene el taller de soldadura de la Facultad, esta herramienta se encarga de la recolección y tabulación

estadística de las respuestas a cada una de las preguntas respondidas, mostrando los resultados en gráficas de pastel y de barras con sus respectivos porcentajes para una mejor visualización e interpretación de éstos.

De acuerdo con los datos recolectados en las encuestas visualizados en los Anexos se obtuvieron los siguientes resultados:

- En el taller de soldadura de la Facultad de Mecánica al no haber un buen sistema de ventilación el gas proveniente de los procesos de soldadura tiende a acumularse en los interiores del taller produciendo una molestia a los ocupantes como: irritación de ojos, fosas nasales, dolores de cabeza, náuseas y dificultad para respirar.
- Los aspectos a considerar para tomar en cuenta para el diseño del sistema de extracción son el costo y la eficiencia, a fin de obtener un diseño óptimo reduciendo los costos sin tener un gran desperdicio de material.
- El sistema más adecuado a diseñar es aquel que cuenta con una campana y ductos encargados de desechar el gas hacia los exteriores del taller con un funcionamiento independiente con el fin de evitar consumos excesivos de energía eléctrica.

3.3.3. *Necesidades del cliente*

De acuerdo con los resultados del apartado 3.3.2 se define las necesidades que el usuario requiere para así determinar los parámetros técnicos de diseño del sistema.

Tabla 3-11: Necesidades del cliente

Requerimientos	
Costo	Económico
Usabilidad	Uso automático
	Seguridad
Diseño	Sistema silencioso
	Dimensionamiento adecuado
Mantenimiento	Alta mantenibilidad
	Disposición rápida de repuestos

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024.

3.3.4. *Casa de la calidad*

De acuerdo con la tabla 3-11 de los requerimientos necesarios para el cliente y analizando ciertas alternativas de diferentes empresas, se realiza el despliegue de la casa de la calidad donde se analiza tanto la voz del usuario como la voz del ingeniero, con el fin de determinar los requerimientos técnicos de los equipos para su selección y dimensionamiento.

- **Correlaciones y factor de incidencia**

En el cuerpo de la casa de la calidad se muestran las capacidades de cada una de las características técnicas para satisfacer al cliente en cada una de sus necesidades y se muestran a continuación:

Tabla 3-12: Factor de incidencia

Factor de incidencia		
●	9	Fuerte
○	3	Medio
▽	1	Bajo

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024.

- **Compromisos técnicos**

En el techo de la casa de la calidad se consideran distintos compromisos técnicos que la empresa como obligación debe cumplir, con el fin de situarse de manera competitiva en el mercado:

- Correlación positiva: determina que, al mejorar una característica, otra va a mejorar.
- Correlación negativa: establece que si una característica mejora otra empeora.
- Sin correlación: las características no tienen relación entre sí.
-

Tabla 3-13: Factores de correlación

Factores	
●	Muy positiva
○	Positiva
+	Negativa
✖	Muy negativa

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024.

								EVALUACIÓN DEL USUARIO										
								A	1	2	3	D	E	F	G	H	I	
VOZ DEL INGENIERO								Sistema de extracción	Competencia 1 (ACERO & ACERO)	Competencia 2 (PROVEEDOR INDUSTRIAL)	Competencia 3 (CMETÁLICAS)	Objetivo	Mejora	Factor de Venta	Importancia	Ponderación	% Ponderación	
	Costo	Automatización	Seguridad	Desibels de operación	Dimensionamiento del sistema	Menor consumo energético	Mantenimiento											
VOZ DEL USUARIO	Costo económico	●	○		○	○		3	4	3	3	5	1,666666667	●	5	12,5	26%	
	Uso automático	○	●			○		4	3	3	4	4	1,00	●	4	4	8%	
	Seguridad			●				3	3	3	3	4	1,333333333		3	4	8%	
	Sistema silencioso	▽			●	○		3	3	3	2	4	1,33	●	3	4,8	10%	
	Selección de equipos	○				●	○	▽	3	3	4	2	4	1,333333333		3	6	12%
	Ahorro de energía		▽			●			3	3	3	3	4	1,333333333	●	4	5,33333	11%
	Mantenimiento sencillo	○	▽					●	3	3	3	2	5	1,666666667		3	6	12%
	Disposición de repuestos	○						●	4	2	3	3	4	1	●	4	6	12%
															48,6333	100%		

Ilustración 3-2: Casa de la calidad

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- **Evaluación técnica**

Para la evaluación técnica se evalúa la incidencia de cada parámetro, determinando la importancia de cada uno de ellos, esta evaluación se lleva a cabo mediante la ecuación 4.

$$Imp = \sum I_d * S_{dt} \tag{4}$$

Donde:

- Imp: Importancia del criterio evaluado
- Id: Incidencia de característica técnica
- Sdt: Valor de ponderación

3.4. Diseño conceptual

Dentro del diseño conceptual se abarcan todas las especificaciones técnicas y consideraciones del usuario para el diseño del sistema, a su vez se presenta las características del producto y sus principales elementos, así como sus funciones. Una alternativa para realizar este procedimiento es el uso de la metodología basada en la calidad QFD, donde se toma en consideración los requerimientos del cliente como el punto de partida, con el único fin de llegar a detallar las especificaciones técnicas necesarias para diseñar el producto.

3.4.1. Estructura funcional

Mediante un análisis funcional se establece el flujo de trabajo que va a tener el sistema mediante una estructura gráfica (caja negra), donde se ubican las distintas señales procesos y productos a obtener durante el ciclo de trabajo, esto lo podemos observar a continuación.

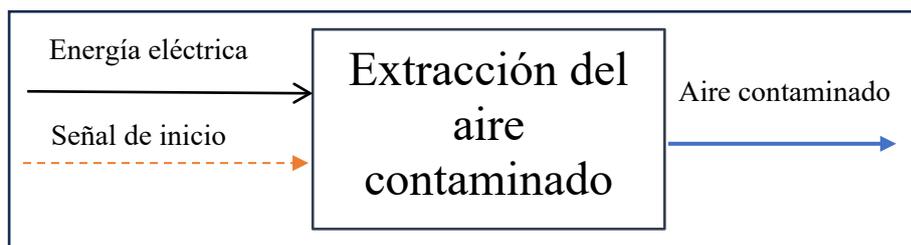


Ilustración 3-3: Análisis funcional del sistema de extracción

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

Dentro de este diagrama se observa ciertos tipos de señales, estas son las siguientes:

Tabla 3-14: Tipos de señales en el análisis funcional del sistema

Tipos de señales	
Señales de entrada	Señales de salida
Señal de inicio: Acciona los extractores	Aire contaminado: Salida del aire contaminado producido por los procesos de soldadura
Energía eléctrica: Proveniente de la red eléctrica a los tomacorrientes 110V – 220V	

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

3.4.2. Estructura modular

En la estructura modular se observan todas las funciones que se deben realizar para que el sistema de extracción cumpla con su funcionalidad, se observan módulos los cuales albergan funciones que se relacionan entre sí con el fin de buscar y obtener una alternativa adecuada para el diseño del sistema.

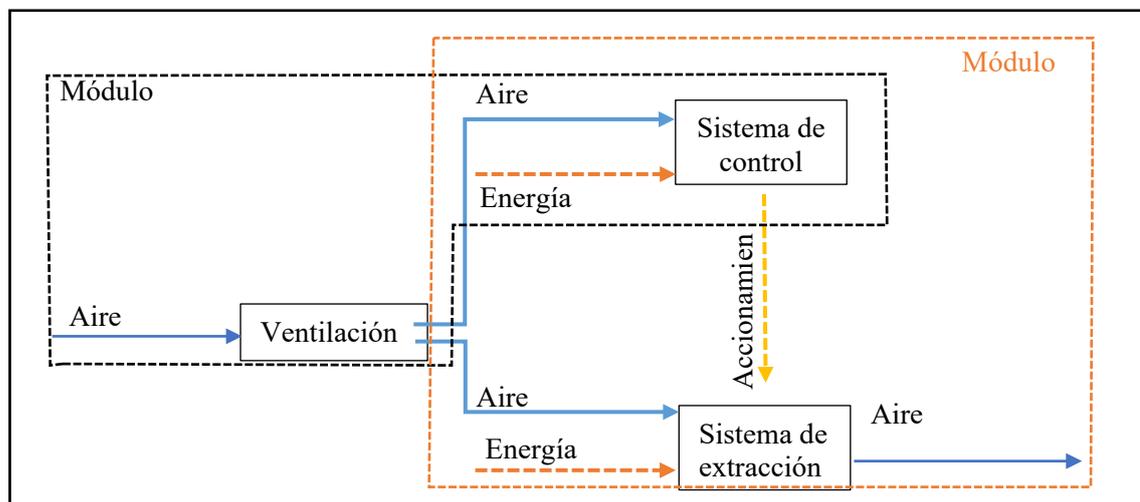


Ilustración 3-4: Análisis modular del sistema de extracción

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- **Módulo 1:** El aire del ambiente ingresa al taller por el sistema de ventilación ubicado en el techo del taller sobre la cubierta, se mezcla con el gas de los procesos de soldadura y esta mezcla produce un aire contaminado que será leído por el sistema de control.
- **Módulo 2:** Con la lectura de los sensores el sistema de control accionará a los equipos de extracción, con el fin de desechar el aire contaminado hacia el exterior.

3.4.3. Matriz morfológica

Tabla 3-15: Matriz morfológica de las alternativas de solución

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Sistema de control	 Botonera manual	 Interruptor manual	 Sensor de humo
Ductos	 Ductos rectangulares	 Ducto rígido circular	 Ducto flexible circular
Extractores	 Ventilador axial	 Ventilador centrífugo	 Ventilador de aspas

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

- Alternativa 1: 
- Alternativa 2: 
- Alternativa 3: 

3.4.3.1. Alternativas de solución

A continuación, se detallará cada una de las tres alternativas tomadas en cuenta para obtener un diseño óptimo del sistema de extracción.

- **Alternativa 1:** Consta de un ventilador axial con aspas, el cual requiere de un motor eléctrico para su accionamiento con un sistema de energía eléctrica de 220 V, este sistema es controlado manualmente mediante una botonera para encendido y apagado de los equipos de extracción, el aire contaminado por el gas de los procesos de soldadura será conducidos por ductos cuadrados hacia el exterior economizando gastos de automatización y a su vez en la fabricación de los ductos, debido a que los ductos fabricados mediante planchas de acero dobladas son más económicos que los ductos fabricados de sección circular por su dificultad de construcción.
- **Alternativa 2:** El ventilador centrífugo ayuda a la evacuación del gas de manera eficiente debido a sus grandes presiones de trabajo, un interruptor manual controla el accionamiento de

todos los equipos del sistema logrando que el aire contaminado sea conducido hacia el exterior mediante ductos flexibles ubicados en cada una de las estaciones, una desventaja de estos es la resistencia de los ductos flexibles debido a que son fabricados de aluminio y plástico.

- **Alternativa 3:** Esta configuración es automática, donde al producirse la contaminación del aire con el gas del proceso de soldadura se activarán los extractores con ayuda de sensores de humo, los extractores de hélice industrial conducen mediante ductos cuadrados el aire hacia el exterior del taller, una desventaja de estos sistemas es su costo en equipos de automatización como los sensores ya sean de humo o fotosensibles (fotocelda) y en ciertos casos para regular la velocidad del extractor el uso de variadores de frecuencia.

3.4.4. Evaluación de las alternativas de diseño

Para una selección adecuada del sistema de extracción (equipos, material y geometría de los ductos) a diseñar se realiza una evaluación de cada una de las alternativas mediante ciertos aspectos técnicos detallados en la metodología QFD del despliegue de la función de calidad, las características a evaluar son:

- **Costo:** Se incluyen todos los gastos que se tendrá al momento de construir e instalar el sistema, estos son mano de obra, equipos, transporte, planchas de acero, elementos eléctricos para el cableado.
- **Mantenimiento:** Tener en cuenta que los equipos más sensibles a fallar o elementos que requieran mantenimiento con más recurrencia estén lo más accesible posibles para que el trabajador pueda realizar esta actividad sin ninguna dificultad.
- **Automatización:** Tratar de que en lo posible el accionamiento del sistema sea automático sin que el personal presione algún botón de encendido o apagado, teniendo en cuenta el costo de equipos de automatización como los sensores.
- **Ruido:** Dimensionar, seleccionar y ubicar de manera adecuada los extractores, con el fin de evitar corrientes muy fuertes y ruido excesivo por parte de esos equipos, teniendo en cuenta que dificultara el buen ambiente laboral en el taller.
- **Instalación:** Dependiendo del diseño seleccionado ubicar puntos de anclaje de fácil acceso para el soporte de los ductos, para lo cual se debe considerar la distribución de las estaciones y determinar una distribución tanto estética como funcional del sistema.

3.4.4.1. Método ordinal corregido de criterios ponderados

- *Evaluación del peso específica de cada criterio*

Con los criterios antes mencionados se los categoriza desde el más hasta el menos importante a tomar en cuenta para el sistema.

Costo > Mantenimiento > Automatización > Instalación = Ruido

Tabla 3-16: Método corregidos de los criterios ponderados

	Mantenim.	Automatiza.	Costo	Ruido	Instalación	$\Sigma + 1$	Ponderación
Mantenim.		1	0	1	1	4	0,2667
Automatiza.	0		0	1	1	3	0,2
Costo	1	1		1	1	5	0,3333
Ruido	0	0	0		0,5	1,5	0,1
Instalación	0	0	0	0,5		1,5	0,1
					Suma	15	1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- *Evaluación del peso específico del criterio **mantenimiento***

Para la evaluación del **mantenimiento** se considera un orden de importancia, desde la alternativa más mantenible hasta la que tenga un nivel de dificultad alto al ejecutar actividades de mantenimiento.

Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 3-17: Evaluación del criterio *mantenimiento*

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0	2	0,3333
Alternativa 2	0		0	1	0,1667
Alternativa 3	1	1		3	0,5
			Σ	6	1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- *Evaluación del peso específico del criterio **automatización***

Para este criterio se tomó en cuenta el sistema más automatizado como el más importante, con esto tenemos la siguiente categorización:

Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 3-18: Evaluación del criterio *automatización*

Automatización	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0	2	0,3333
Alternativa 2	0		0	1	0,1667
Alternativa 3	1	1		3	0,5
			Σ	6	1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- *Evaluación del peso específico del criterio costo*

Para este criterio se analizó desde la alternativa más económica hasta la más cara, obteniendo lo siguiente:

$$\text{Alternativa 1} > \text{Alternativa 2} > \text{Alternativa 3}$$

Tabla 3-19: Evaluación del criterio *costo*

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		1	2	0,3333
Alternativa 3	0	0		1	0,1667
			Σ	6	1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- *Evaluación del peso específico del criterio instalación*

En este apartado se analizaron las 3 alternativas en función de la dificultad de instalación de los equipos que conforman el sistema de extracción:

$$\text{Alternativa 3} > \text{Alternativa 1} > \text{Alternativa 2}$$

Tabla 3-20: Evaluación del criterio *instalación*

Instalación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0	2	0,3333
Alternativa 2	0		0	1	0,1667
Alternativa 3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- *Evaluación del peso específico del criterio ruido*

Para el análisis de las alternativas en función del ruido ocasionado al momento de poner en funcionamiento el sistema se tiene la siguiente categorización:

$$\text{Alternativa 3} > \text{Alternativa 2} > \text{Alternativa 1}$$

Tabla 3-21: Evaluación del criterio *instalación*

Ruido	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0	2	0,3333
Alternativa 2	0		0	1	0,1667
Alternativa 3	1	1		3	0,5
			Σ	6	1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- *Resultados*

De acuerdo con el análisis ponderado de todos los criterios seleccionados para cada una de las matrices se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 3-22: Resultados del análisis de criterios ponderados

	Mantenim.	Automatiza.	Costo	Ruido	Instalación	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,089	0,067	0,167	0,033	0,033	0,389	2
Alternativa 2	0,044	0,033	0,111	0,167	0,017	0,372	3
Alternativa 3	0,133	0,100	0,056	0,050	0,050	0,389	1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

De acuerdo con el análisis realizado se deduce que la mejor alternativa a diseñar es la 3 por el criterio de automatización, a continuación, se realizó una comparación de ventajas y desventajas de las 3 opciones de diseño tomadas en cuenta para la matriz morfológica.

Tabla 3-23: Ventajas y desventajas de las 3 alternativas de diseño

	Características	Ventajas	Desventajas
Alternativa 1	<ul style="list-style-type: none"> • Accionamiento manual mediante control on / off. • Ductos cuadrados y extractor centrífugo 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta mantenibilidad debido a que sus equipos son muy comerciales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control de mando manual. • Costo alto de los extractores. • Ruido.
Alternativa 2	<ul style="list-style-type: none"> • Accionamiento manual • Ductos circulares flexibles en cada estación con un extractor axial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor ubicación del ducto debido a su flexibilidad. • Mejor eficiencia en su extracción localizada. 	<ul style="list-style-type: none"> • El control de mando es manual. • Baja resistencia del ducto flexible
Alternativa 3	<ul style="list-style-type: none"> • Accionamiento automático. • Ductos circulares 	<ul style="list-style-type: none"> • Accionamiento automático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de ductos circulares y equipos de automatización.

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

3.5. Diseño de materialización

Una vez seleccionada la mejor alternativa para el diseño se requiere modelar los cuatro sistemas planteados, se debe tomar en cuenta que todos llevaran ciertos equipos en común, como lo son:

- Ductos rectangulares o cuadrados.
- Sistemas de control manual independiente.
- Sistema de captación con campanas independientes en cada estación.

3.6. Diseño de detalle

3.6.1. Selección del material de ductos y campanas

De acuerdo con la tabla 2-17, el material más adecuado para la construcción de ductos y campanas es el acero inoxidable 304 y el 316, debido a su alta resistencia a la corrosión gracias a una aleación de cromo (alrededor del 10%) que evita la degradación del material, por otro lado, el acero galvanizado nos brinda a las mismas características aproximadamente gracias a una capa de zinc la cual protege al material y evita su degradación prematura, a su vez que son más livianos obteniendo un sistema más ligero. Para sistemas de extracción de bajo presupuesto según 2.5.5.2 recomienda usar **acero galvanizado** con el fin de disminuir costos en el material debido a que, el sistema de extracción a construir no es de gran presupuesto en comparación con un edificio.

3.6.2. Sistema de ductos y campanas de extracción individual en cada estación

Para este sistema se tomó en cuenta dos ramales, uno para cada fila de estaciones del taller debido a que, al tener un solo ducto de extracción el diámetro del tramo final será muy grande generando inconvenientes estéticos, pérdida de espacio y peso excesivo en la estructura del sistema.

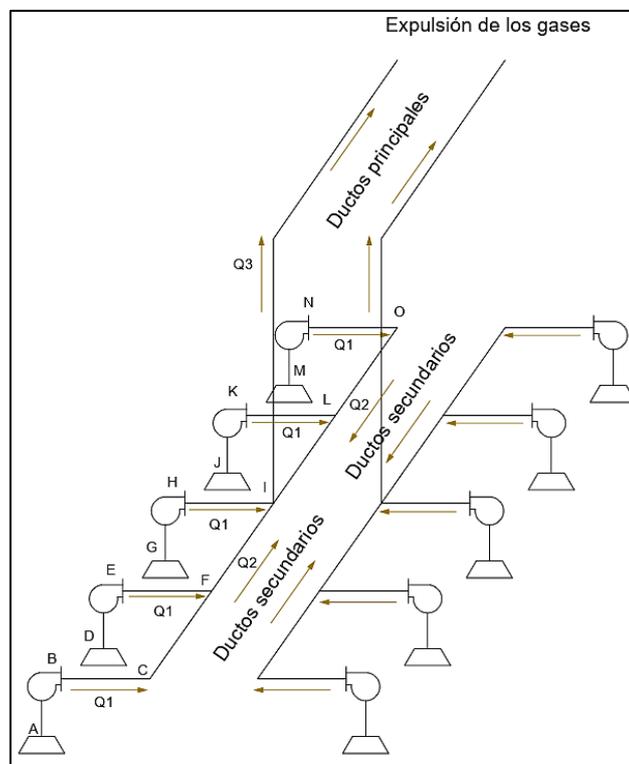


Ilustración 3-5: Esquema del sistema de extracción de 2 ramales

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

3.6.2.1. Diseño de los conductos

- **Velocidad de diseño**

De acuerdo con la tabla 2-13 que recomienda una velocidad de captación en la campana entre 0,5 – 1 m/s, se asume:

$$V_{cap} = 0,6 \text{ m/s}$$

Tomando como referencia la tabla 2-19, la velocidad de diseño para los conductos de sistemas de extracción para gases de soldadura se encuentra en el rango de 10 – 12,5 m/s, para este caso se toma:

$$V_{con} = 10 \text{ m/s}$$

- **Caudal**

Para el dimensionamiento del extractor a usar es necesario en primera instancia determinar el caudal que va circular por los ductos y la campana mediante la ecuación (5) que establece la norma ACGIH para campanas elevadas donde se recomienda instalar pantallas laterales en dos o tres lados para crear una cabina o semi cabina.

Con dos laterales abiertos en la estación de trabajo, la norma presenta la siguiente ecuación:

$$Q = (W + L)HV \quad (5)$$

Q : Caudal [m^3/s].

W : Ancho de la mesa de trabajo (tabla 3-1 dimensiones de la mesa de trabajo) [m].

L : Largo de la mesa de trabajo (tabla 3-1 dimensiones de la mesa de trabajo) [m].

H : Altura (tabla 3-1 dimensiones de la mesa de trabajo) [m].

V : Velocidad de captación [m/s].

$$Q_1 = (1,20 + 0,7) \text{ m} * 1,20 \text{ m} * 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$Q_1 = 1,368 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{2118,882 \text{ cfm}}{1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 2898,63 \text{ cfm}$$

$$Q_1 = 4924,8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- **Presión estática**

La presión estática es la presión ejercida por el fluido en cada una de las direcciones del conducto en su interior tanto en dirección contraria y perpendicular de las paredes, para lo cual se hace uso de la ecuación (6).

$$P_e = P_{long \text{ ducto}} + P_{accesorios} \quad (6)$$

- **Presión dinámica**

Esta presión acelera el aire desde cero hasta la velocidad de régimen que va en dirección del fluido, la presión dinámica se la obtiene de dos formas, tanto por ecuación como por gráfica, mediante la ecuación (7) se obtiene:

$$P_d = \frac{\rho_{aire} V^2}{2} \quad (7)$$

ρ_{aire} : Densidad del aire [kg/m³].

V: Velocidad del aire en el ducto [m/s].

$$P_d = \frac{1,2 * (10)^2}{2}$$

$$P_d = 60 Pa = 6.122 mm. c. a$$

Tomando en cuenta el anexo J y una velocidad en los conductos de 12,5 m/s se obtienen lo siguiente:

$$Pd = 6 mm. c. a.$$

- **Diámetro de conducto**

Al determinar los valores del caudal y velocidad del aire en el conducto, se puede calcular el diámetro de los conductos en función a estos parámetros.

Tabla 3-24: Parámetros para el cálculo del diámetro del conducto

Parámetros	
Caudal (Q1)	4924,8 m ³ /h
Velocidad en los conductos [m/s]	10 m/s

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

De acuerdo con el anexo F se obtiene el diámetro de los conductos para los tramos: AB, BC, CF, DE, EF, GH, HI, JK, KL, MN, NO, OL y sus simétricos en el otro ramal.

$$D_{conducto1} = 415 mm$$

Para los tramos FI, LI recalculando el caudal tomando en cuenta que dos tramos del sistema se unen, se obtiene lo siguiente:

$$Q_2 = Q_1 + Q_1$$

$$Q_2 = 4924,8 + 4924,8$$

$$Q_2 = 9849,6 \frac{m^3}{h}$$

Con este caudal y el anexo F, se obtiene el siguiente valor del diámetro para los tramos FI y LI:

$$D_{conducto2} = 590 mm$$

Para el tramo de expulsión de los gases el caudal considerado para el cálculo del diámetro del conducto es el siguiente:

$$Q_3 = Q_2 + Q_2 + Q_1$$

$$Q_3 = 9849,6 + 9849,6 + 4924,8$$

$$Q_3 = 24624 \frac{m^3}{h}$$

Determinamos el diámetro requerido para este caudal y obtenemos lo siguiente:

$$D_{conducto3} = 900 \text{ mm}$$

3.6.2.2. Pérdidas en los conductos

Las pérdidas en los conductos en función de su longitud se evidencian en la tabla 3-25.

Tabla 3-25: Pérdidas en los conductos del primer sistema

Tramos	Caudal	Diámetro	Pérdidas [mm.c.a/m]	Longitud de ductos (m)	Pérdidas [mm.c.a]
A-B	4924,8	415	0,25	1,04	0,26
B-C	4924,8	415	0,25	0	0
C-F	4924,8	415	0,25	0,8	0,2
D-E	4924,8	415	0,25	0,54	0,135
E-F	4924,8	415	0,25	0,53	0,1325
F-I	9849,6	590	0,19	0,8	0,152
G-H	4924,8	415	0,25	1,52	0,38
H-I	4924,8	415	0,25	0	0
I-L	9849,6	590	0,19	0,8	0,152
J-K	4924,8	415	0,25	0,54	0,135
K-L	4924,8	415	0,25	0,53	0,1325
L-O	4924,8	415	0,25	0,8	0,2
M-N	4924,8	415	0,25	1,04	0,26
N-O	4924,8	415	0,25	0	0
I-P	24624	900	0,95	1,2	1,14
P-Q	24624	900	0,95	3,6	3,42
				Total	6,699

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

En la tabla 3-25 los tramos B-C, H-I y N-O tiene como longitud el valor de cero, debido a que en el modelado se toma una configuración diferente como se muestra en la ilustración 3-6. Teniendo como pérdidas por longitud de tubería:

$$P_{long} = 6,699 \text{ mm c. d. a.}$$

3.6.2.3. Pérdidas por accesorios

- Ductos secundarios (A-B & C-F)

Tomando en cuenta los ángulos α de 30° y 61° de una boca rectangular en la campana, en los codos el diámetro es igual al radio interior, los factores " η " se encuentran en los anexos G y H respectivamente y se los representa a continuación:

Tabla 3-26: Pérdida por accesorios de los ductos A-B & C-F

Pérdidas por accesorios A-B & C-F				
Accesorio	# de elementos	factor " η "	Pd	Pe
Codo 90°	1	0,20	6,122	1,22
Campana $\alpha = 30^\circ$	1	0,18	6,122	1,10
			Total	2,32

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

$$P_{acc} = \sum n * P_d$$

$$P_{acc} = 2,32 \text{ mm c. d. a.}$$

La pérdida del sistema se realiza mediante la suma de la pérdida por accesorios y la del tramo A-B, C-F que está en la tabla 3-25 y su valor es de 0,46 mm.c.a., por lo tanto, la pérdida de este tramo es:

$$P_e = P_{long A-B \& C-F} + P_{acc}$$

$$P_e = 0,46 + 2,32$$

$$P_e = 2,78 \text{ mm c. d. a.}$$

- Ductos secundarios (D-E, E-F)

Para estos tramos, el valor del ángulo de la campana α es el mismo que en el tramo anterior con la misma configuración, para los codos se considera el diámetro igual al radio interior, pero con una inclinación de 45° y se obtienen los siguientes valores de pérdidas:

Tabla 3-27: Pérdida por accesorios de los ductos D-E, E-F

Pérdidas por accesorios D-E & E-F				
Accesorio	# de elementos	factor " η "	Pd	Pe
Codo 45°	1	0,5	6,122	3,06
Campana $\alpha = 30^\circ$	1	0,18	6,122	1,10
			Total	4,16

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

$$P_{acc} = \sum n * P_d$$

$$P_{acc} = 4,16 \text{ mm c. d. a.}$$

Para el tramo D-E se adiciona el tramo E-F al valor de sus pérdidas respectivas obtenidas en la tabla 3-25 que es de 0,267 mm.c.a. y se suma con la perdida por accesorios como se muestra a continuación:

$$P_e = P_{long D-E \& E-F} + P_{acc}$$

$$P_e = 0,26 + 4,16$$

$$P_e = 4,43 \text{ mm c. d. a.}$$

- Ducto secundario (G-H)

Para el tramo G-H, se toma en cuenta el ángulo de la campana α igual que de los tramos anteriores con una boca rectangular, sin codos ya que el ducto conecta directamente al ducto principal, por ende, se tiene el valor de pérdidas:

Tabla 3-28: Pérdida por accesorios de los ductos G-H

Pérdidas por accesorios G-H				
Accesorio	# de elementos	factor "η"	Pd	Pe
Campana $\alpha = 30^\circ$	1	0,18	6,122	1,10
			Total	1,10

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

$$P_{acc} = 1,626 \text{ mm c. d. a.}$$

Las pérdidas se calculan de manera similar al tramo anterior con un valor de 0,38 mm.c.a. que existe en el tramo G-H, obteniendo los siguientes resultados:

$$P_e = P_{long G-H} + P_{acc}$$

$$P_e = 0,38 + 1,10$$

$$P_e = 1,48 \text{ mm c. d. a.}$$

- Ducto principal (F-I, I-L, I-P, P-Q)

El ducto principal se constituye por los tramos: F-I, I-L, L-O, I-P y P-Q, obteniendo los siguientes valores de pérdidas de carga:

Tabla 3-29: Pérdida por accesorios del ducto principal

Pérdidas por accesorios tramo principal (F-I, I-L, L-O, I-P, P-Q)				
Accesorio	# de elementos	factor "η"	Pd	Pe
Codo 90°	1	0,20	6,122	1,224
Codo 45°	2	0,50	6,122	6,122
Expansión 30°	2	0,39	6,122	4,776
Uniones 45°	2	0,18	6,122	2,204
			Total	14,327

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

$$P_{acc} = \sum n * P_d$$

$$P_{acc} = 14,32 \text{ mm c. d. a.}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 3-25 con un valor de 4,864 y las pérdidas por accesorios se obtienen los siguientes resultados:

$$P_e = P_{long \text{ tramo principal}} + P_{acc}$$

$$P_e = 4,864 + 14,32$$

$$P_e = 19,19 \text{ mm c. d. a.}$$

3.6.2.4. Pérdida total de carga en el sistema de extracción 1

- Ductos secundarios (A-B, C-F)

$$P_t = P_d + P_e$$

$$P_t = 6,122 + 2,786$$

$$P_t = 8,908 \text{ mm c. d. a.}$$

$$P_t = 87,308 \text{ Pa}$$

- Ductos secundarios (D-E, E-F)

$$P_t = P_d + P_e$$

$$P_t = 6,122 + 4,431$$

$$P_t = 10,553 \text{ mm c. d. a.}$$

$$P_t = 103,421 \text{ Pa}$$

- Ductos secundarios (G-H)

$$P_t = P_d + P_e$$

$$P_t = 6,122 + 1,482$$

$$P_t = 7,604 \text{ mm c. d. a.}$$

$$P_t = 74,524 \text{ Pa}$$

- Ducto principal (F-I, I-L, L-O, I-P, P-Q)

$$P_t = P_d + P_e$$

$$P_t = 6,122 + 19,190$$

$$P_t = 24,312 \text{ mm c. d. a.}$$

$$P_t = 248,067 \text{ Pa}$$

3.6.2.5. Selección del ventilador

- **Tramos secundarios independientes**

Debido a que cada estación contará con un ventilador se analiza cada puesto de trabajo de manera independiente, tomando en cuenta que el ventilador seleccionado será el mismo en las diez estaciones, para esto se requieren los siguientes parámetros de selección:

Tabla 3-30: Parámetros de selección para los tramos secundarios

Parámetros de selección	
Caudal (Q) [m ³ /h]	4924,8
Caída de presión en el tramo critico [mm.c.a.]	10,55

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Con la ayuda de EASYVENT, software en línea que permite realizar una selección adecuada de equipos como: ventiladores, extractores, dimensionamiento de ductos, etc., diseñado por Soler&Palau, brinda información a través de catálogos donde se puede seleccionar el ventilador requerido para el sistema en este caso es de tipo axial TTB-500 que es tubular con motor exterior, con diámetros normalizados de 250, 315, 400 y 500 mm, además proporciona grandes prestaciones de caudal-presión para lograr extraer el humo o gases por los conductos.

Tabla 3-31: Características del extractor TTB-500

Características del extractor TTB - 500	
Caudal [m ³ /h]	8712
Velocidad [rpm]	1550
Potencia [HP]	3/4
Peso [Kg]	28
Presión sonora [dB/A]	81

Fuente: Soler y Palau, 2023

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

En el Anexo L y M se puede verificar tanto dimensiones como curva característica del equipo respectivamente, donde podemos concluir que la curva que presenta el ventilador TTB - 500 para un caudal de 4924,8 m³/h se tiene una caída de presión de 15,5 mm.c.a. la cual es mayor a la

calculada que es de 10,55 mm.c.a. por lo que estamos dentro de los parámetros necesario para la selección del ventilador.

- **Tramo principal y salida de los gases**

Se realiza el mismo procedimiento de selección que el tramo anterior, por ello, tenemos los siguientes parámetros de selección:

Tabla 3-32: Parámetros de selección del tramo principal

Parámetros de selección	
Caudal (Q) [m ³ /h]	24624
Caída de presión en el tramo [mm.c.a.]	25,313

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Donde se selecciona el ventilador axial TAT-1000H que es de tipo tubulares con motor exterior, además tiene diámetros normalizados de 560, 630, 710, 800, 900 y 1000 mm, sirven para ayudar a manejar el aire en conductos de sistemas de ventilación industrial o comercial.

Tabla 3-33: Especificaciones del extractor TAT-1000H

Características del extractor TAT-1000H	
Caudal [m ³ /h]	45880
Velocidad [rpm]	1400
Potencia [HP]	7,5
Peso [Kg]	166
Potencia sonora [dB/A]	106

Fuente: Soler y Palau, 2023

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

De acuerdo con la curva que se observa en el Anexo N y O, el ventilador TAT – 1000H cumple con los parámetros de selección.

3.6.2.6. Modelado del primer sistema

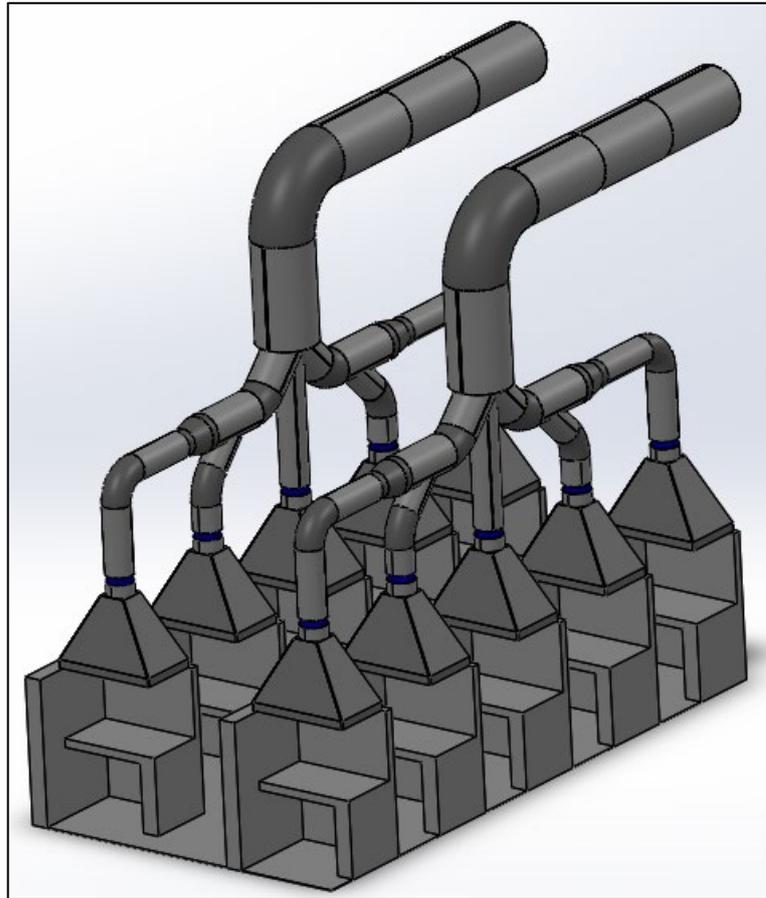


Ilustración 3-6: Modelado del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

3.6.2.7. Simulación CFD del primer sistema de extracción

Para la simulación CFD de este sistema se requiere realizar en dos tramos, el primero desde la campana hasta la unión con el ducto principal de cada una de las estaciones y el segundo tramo desde la unión de todos los ductos hasta la salida del gas. La simulación se la realizará mediante el apartado de Flow Simulation que nos brinda SolidWorks por su facilidad de manipulación y resultados confiables debido a que éste maneja un elemento triangular adecuado para el mallado de los elementos y volumen circundante por los ductos y campanas, éste es adecuado para obtener buenos resultados.

En el taller se dispone de diez estaciones de trabajo ubicadas en dos filas, cinco estaciones distribuidas en cada una de las filas, el esquema de la distribución podemos observar en la siguiente ilustración:

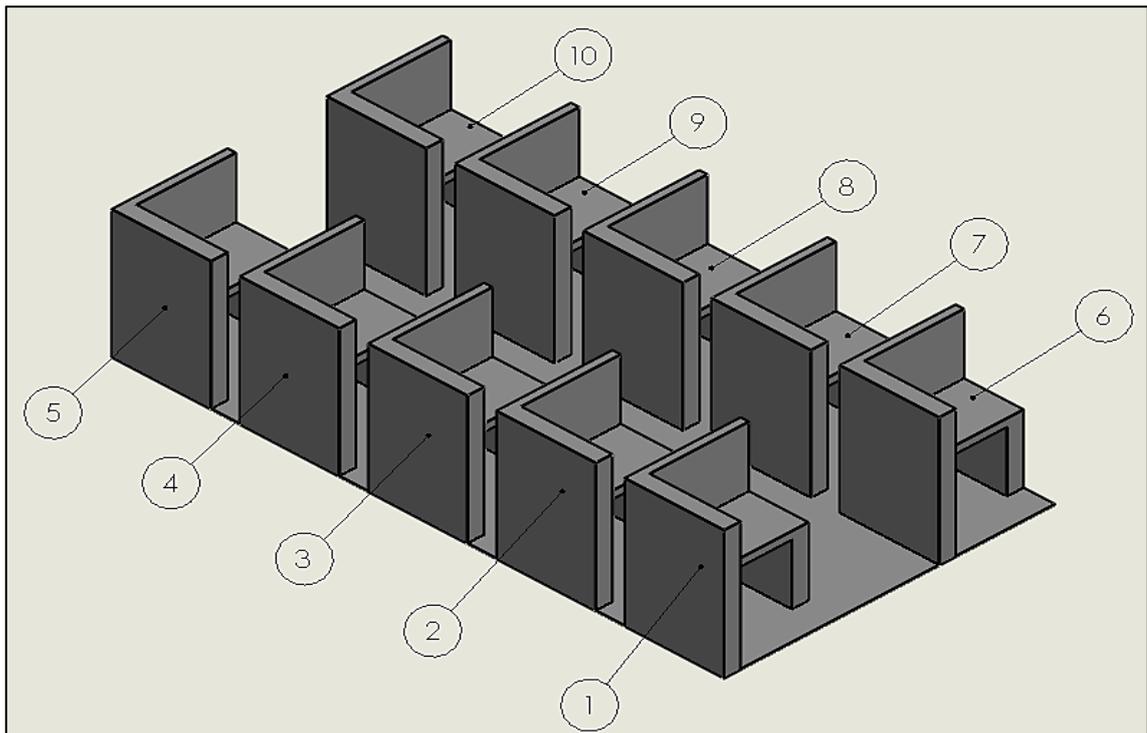


Ilustración 3-7: Distribución de las estaciones de trabajo del taller de soldadura

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- **Primer tramo**

Para las estaciones 1-5-6-10 el primer tramo es similar, para lo cual lo dispone del esquema respectivo en la ilustración 3-9, donde se observa los elementos de captación (campana), conducción (ductos) y extracción (extractor).

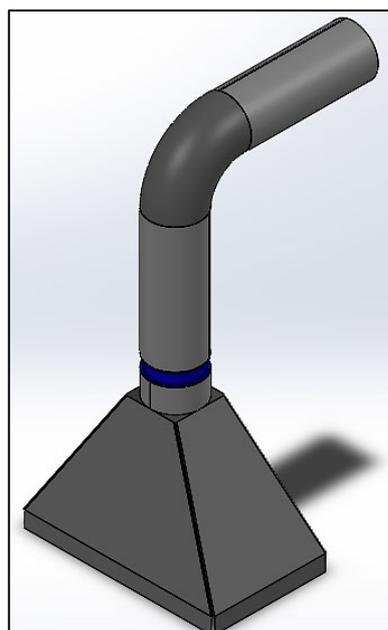


Ilustración 3-8: Tramo 1 del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

En cuanto a las estaciones 2-4-7-9 se tiene el siguiente esquema para la simulación:

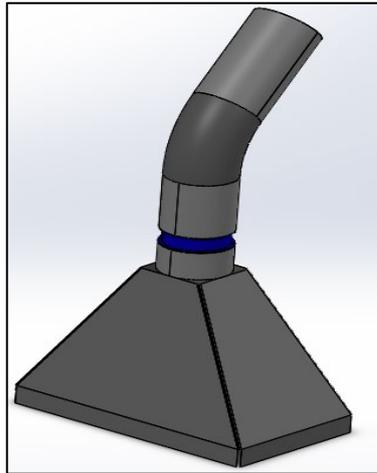


Ilustración 3-9: Tramo 1' del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Finalmente, el primer tramo para las estaciones 3-5 se tiene el siguiente esquema, debido a que estas están ubicadas en el centro de la distribución de cada puesto de trabajo.

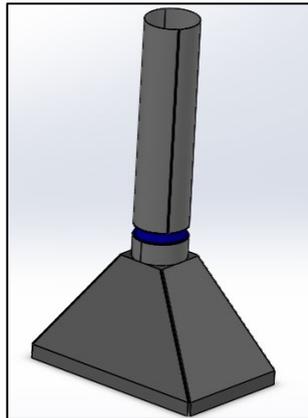


Ilustración 3-10: Tramo 1" del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Para estos tramos se han determinado los siguientes parámetros y datos de entrada para la simulación CFD, correspondientes a las especificaciones del extractor seleccionado en el apartado 3.6.2.4 se obtienen los siguientes resultados para cada uno de los tramos ya especificados:

Tabla 3-34: Parámetros del tramo 1 del sistema 1

Parámetros de simulación tramo 1	
Rugosidad acero galvanizado [μm]	16
Velocidad [rpm]	1550

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

En las estaciones 1-5-6-10 se tiene una configuración similar, por lo cual se obtienen los siguientes resultados de la simulación CFD mediante SolidWorks:

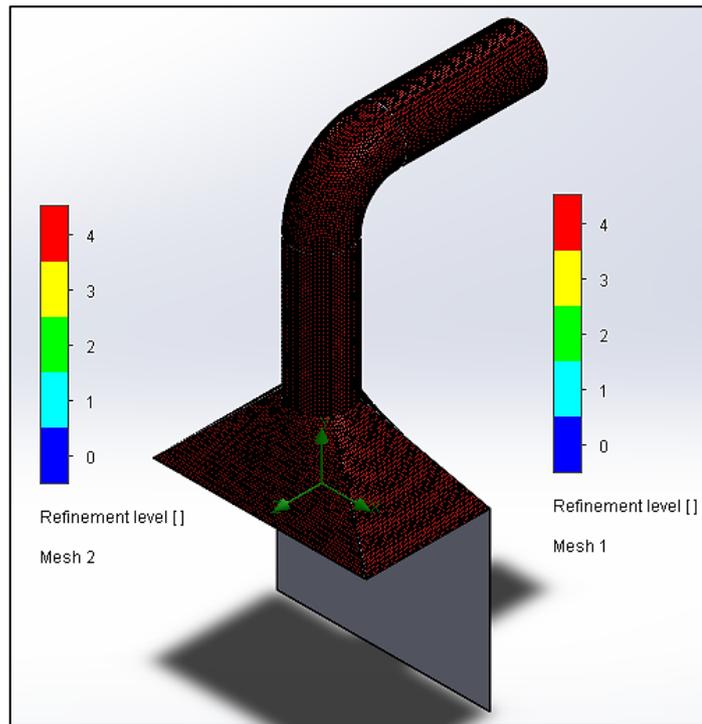


Ilustración 3-11: Mallado del tramo 1 del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

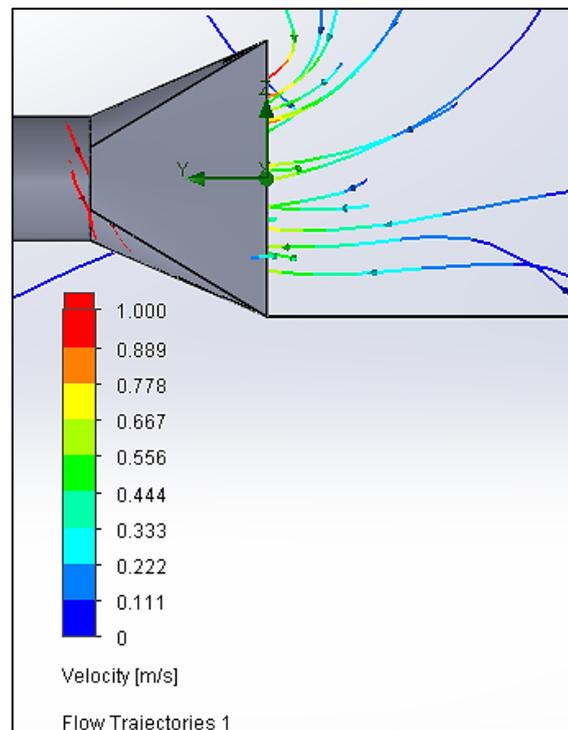


Ilustración 3-12: Velocidad de captación del sistema 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

En la ilustración 3-12 se observa que la velocidad de captación es aproximadamente 0,6 m/s especificado en la tabla 2-13.

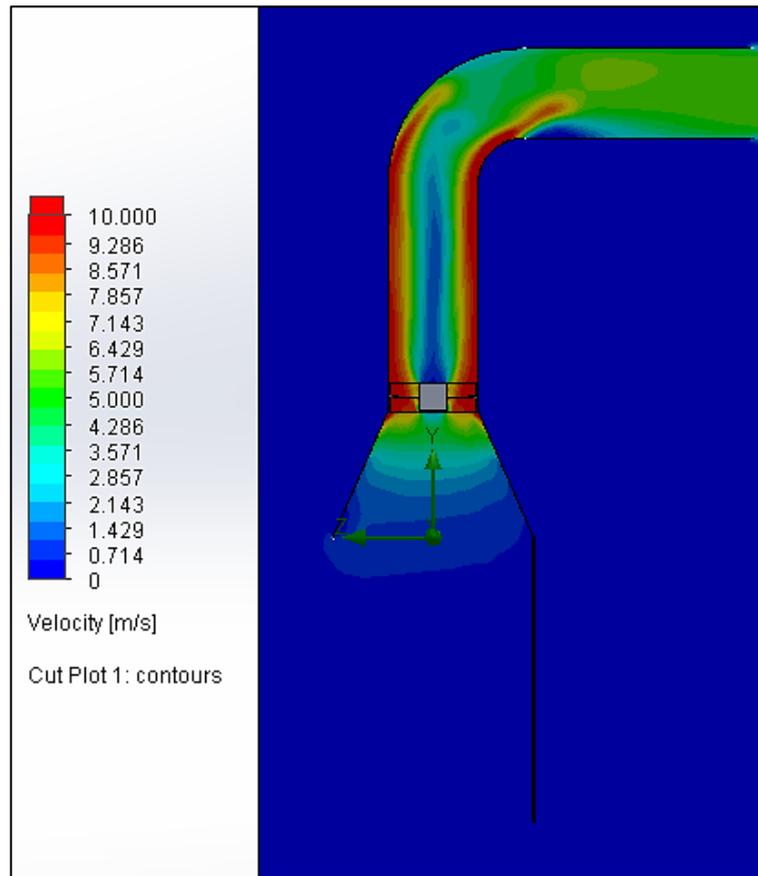


Ilustración 3-13: Simulación del tramo 1 del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

En el tramo 1 se obtiene una velocidad máxima de 4 m/s en la salida con una velocidad de 162 rad/s que nos brinda el ventilador seleccionado, para esto obtenemos la siguiente tasa de flujo:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= A * V \\ \dot{Q} &= \frac{\pi * 0.315^2}{4} * 10 \\ \dot{Q}_1 &= 0,7793 \frac{m^3}{s} \\ \dot{Q}_1 &= \frac{\pi * 0.315^2}{4} * 12 \\ \dot{Q}_1 &= 0,935 \frac{m^3}{s} \end{aligned}$$

Obteniendo un 83,34% de eficiencia en este tramo, para las estaciones 2-4-7-9 el análisis es similar debido a su configuración y parámetros, con el mismo equipo seleccionado para el tramo 1 se obtuvo los siguientes resultados:

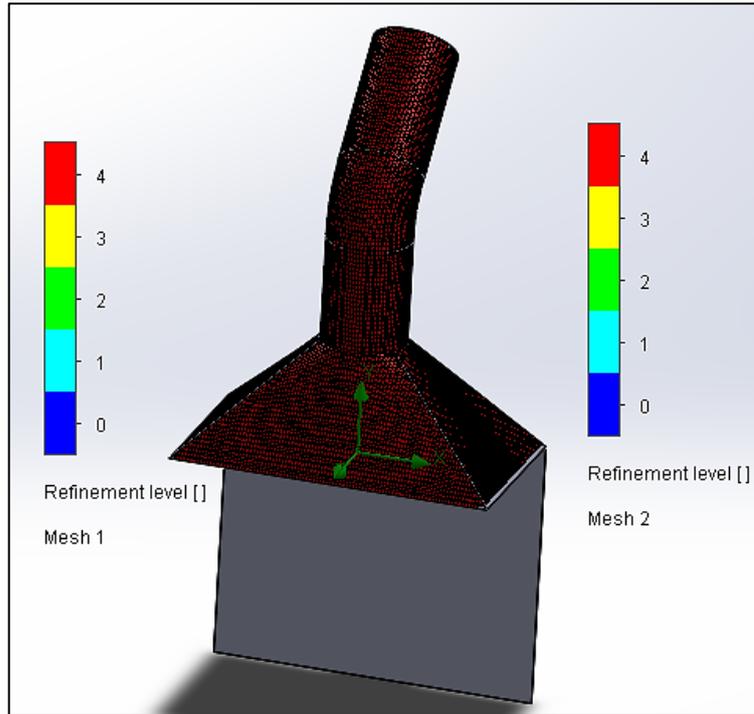


Ilustración 3-14: Mallado del tramo 1' del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

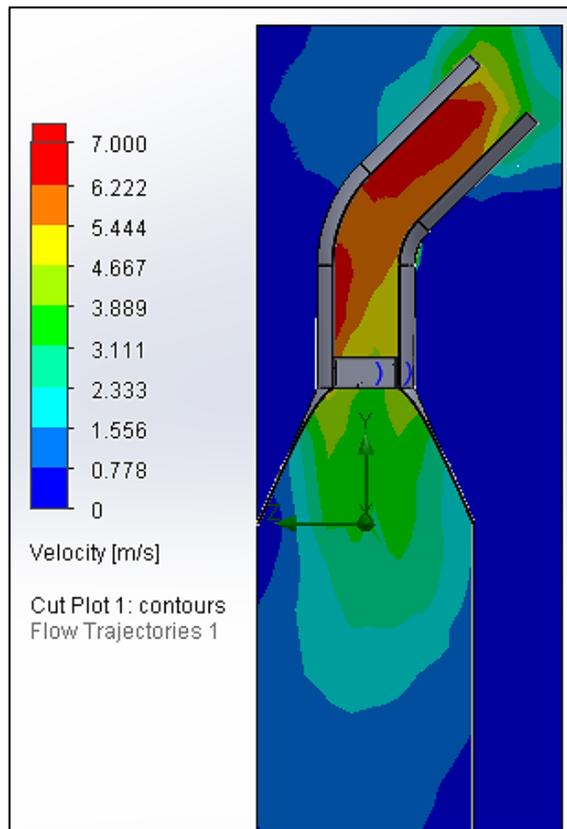


Ilustración 3-15: Simulación del tramo 1' del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

En el tramo 1' se obtiene una velocidad máxima de 7 m/s en la salida con una velocidad de 170 rad/s que nos brinda el ventilador seleccionado, para esto obtenemos la siguiente tasa de flujo:

$$\dot{Q} = A * V$$

$$\dot{Q} = \frac{\pi * 0.315^2}{4} * 7$$

$$\dot{Q} = 0,543 \frac{m^3}{s}$$

$$\dot{Q}_1 = \frac{\pi * 0.315^2}{4} * 12$$

$$\dot{Q}_1 = 0,935 \frac{m^3}{s}$$

Tomando en cuenta el tramo 1 se obtiene el 58,1% en este tramo.

Para las estaciones 3-8 el análisis es similar debido a su configuración y parámetros, con el mismo equipo seleccionado para el tramo 1 se obtuvo los siguientes resultados:

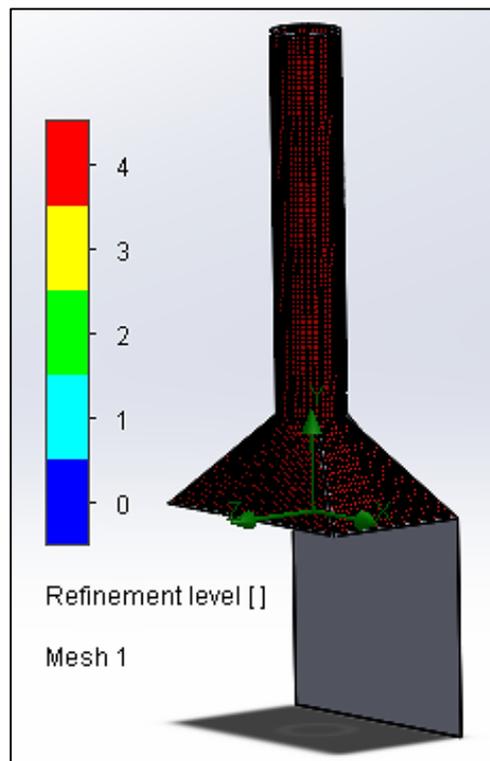


Ilustración 3-16: Mallado del tramo 1" del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

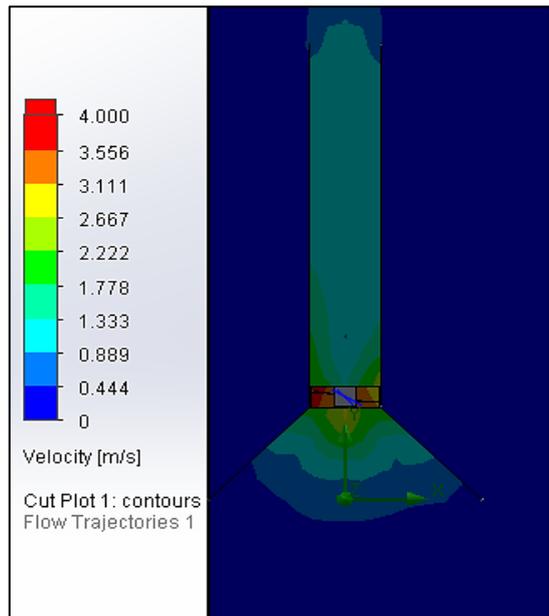


Ilustración 3-17: Simulación del tramo 1" del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

En el tramo 1' se obtiene una velocidad máxima de 2 m/s en la salida con una velocidad de 170 rad/s que nos brinda el ventilador seleccionado, para esto obtenemos la siguiente taza de flujo:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= A * V \\ \dot{Q} &= \frac{\pi * 0.315^2}{4} * 4 \\ \dot{Q} &= 0,312 \frac{m^3}{s} \end{aligned}$$

Al igual que en el tramo 1 se obtiene un 33% de eficiencia en el tramo 1''.

- **Segundo tramo**

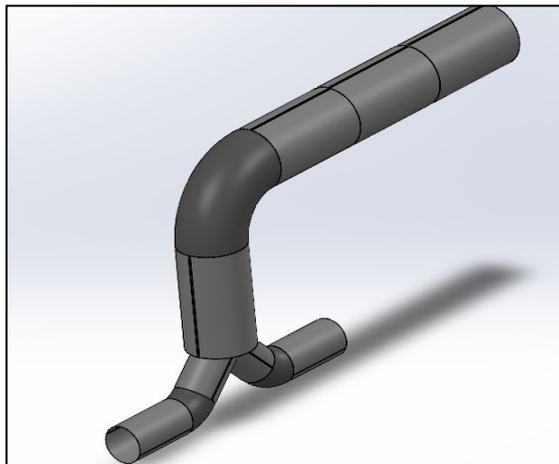


Ilustración 3-18: Tramo 2 sistemas de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

Para este segundo tramo se debe tener en cuenta que en los ductos principales se unen todos los salientes de cada estación, para lo cual obtenemos los siguientes parámetros:

Tabla 3-35: Parámetros tramo 2 sistemas de extracción 1

Parámetros de simulación tramo 1	
Rugosidad acero galvanizado [μm]	16
Velocidad [rpm]	1400

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Para el desecho de los contaminados hacia el exterior del taller se obtuvo un diámetro de 638 mm, con una rugosidad de 16 micrómetros correspondiente al material, obteniendo el siguiente resultado de simulación CFD.

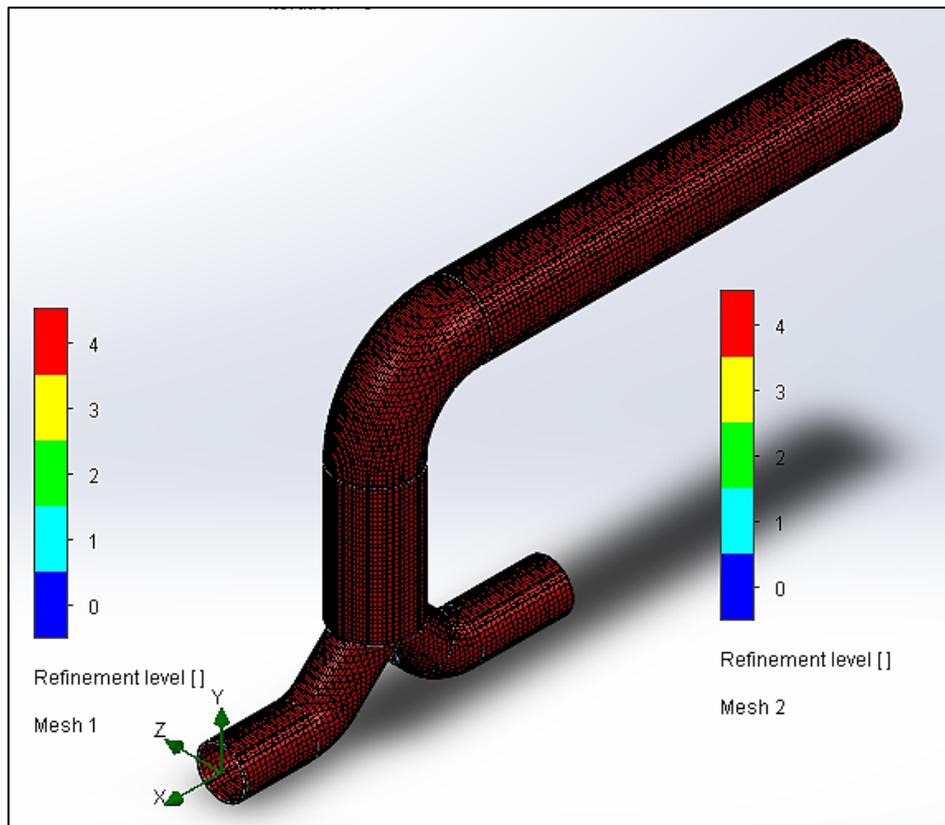


Ilustración 3-19: Mallado del tramo 2 del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

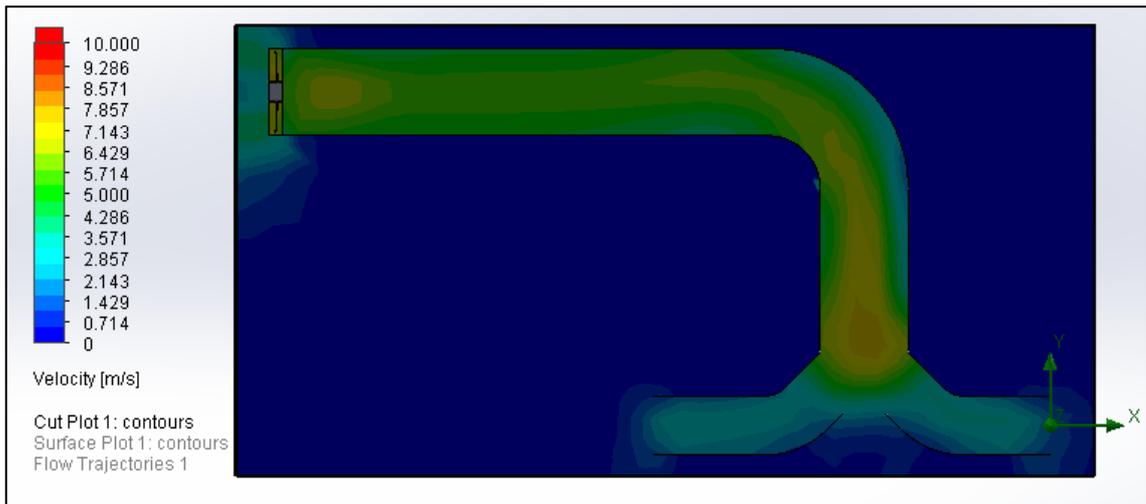


Ilustración 3-20: Simulación del tramo 2 del sistema de extracción 1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

$$\dot{Q} = A * V$$

$$\dot{Q} = \frac{\pi * 0.638^2}{4} * 10$$

$$\dot{Q} = 3,2 \frac{m^3}{s}$$

$$\dot{Q}_1 = \frac{\pi * 0.638^2}{4} * 12$$

$$\dot{Q}_1 = 3,836 \frac{m^3}{s}$$

En este tramo se obtiene una eficiencia del 83%.

3.6.3. Sistema de ductos y campanas con un extractor por estación

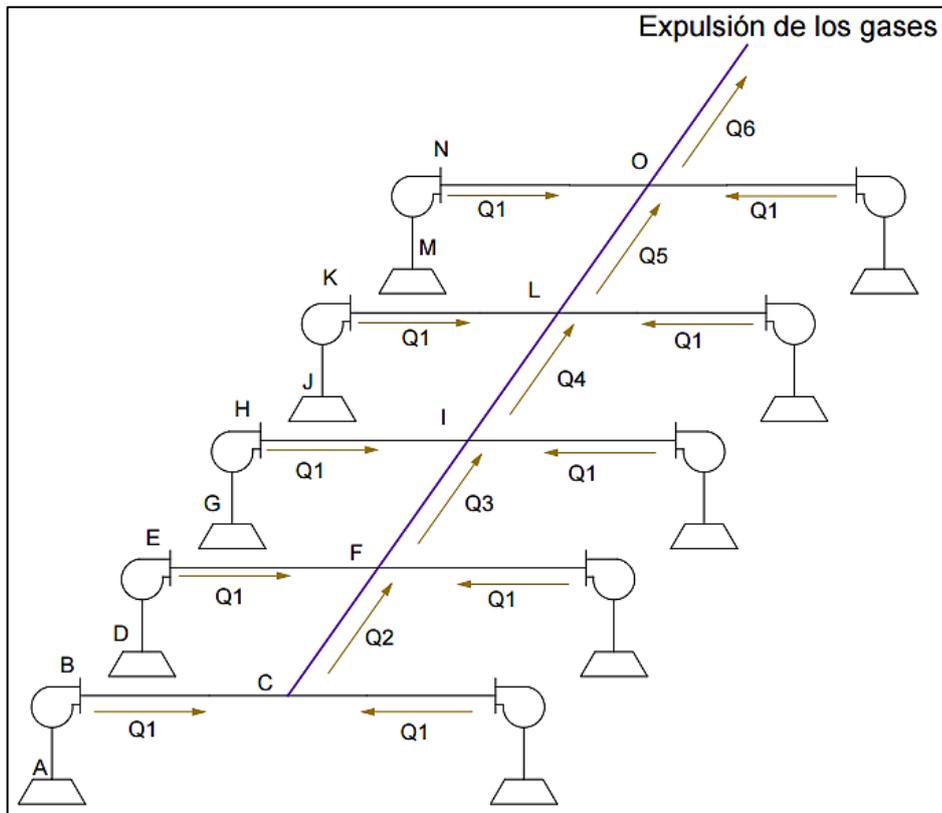


Ilustración 3-21: Esquema del sistema de extracción 2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

3.6.3.1. Diseño de los conductos

- **Velocidad de diseño**

De acuerdo con la tabla 2-13 que recomienda una velocidad de captación en la campana entre 0,5 – 1 m/s, se asume:

$$V_{cap} = 0,6 \text{ m/s}$$

Tomando como referencia la tabla 2-19, la velocidad de diseño para los conductos de sistemas de extracción para gases de soldadura se encuentra en el rango de 10 – 12,5 m/s, para este caso se toma:

$$V_{con} = 10 \text{ m/s}$$

- **Caudal**

Para el dimensionamiento del extractor a usar es necesario en primera instancia determinar el caudal que va circular por los ductos y la campana mediante la ecuación que establece la ACGIH para campanas elevadas donde se recomienda colocar pantallas a los laterales con dos o tres lados con el fin de crear una cabina o semi cabina.

Con dos laterales abiertos en la estación de trabajo se obtiene lo siguiente:

$$Q = (W + L)HV$$

Donde:

Q : Caudal [m^3/s].

W : Ancho de la mesa de trabajo (tabla 3-1 dimensiones de la mesa de trabajo) [m].

L : Largo de la mesa de trabajo (tabla 3-1 dimensiones de la mesa de trabajo) [m].

H : Altura (tabla 3-1 dimensiones de la mesa de trabajo) [m].

V : Velocidad de captación [m/s].

$$Q_1 = (1.20 + 0.7) m * 1.2 m * 0,6 \frac{m}{s}$$

$$Q_1 = 1,368 \frac{m^3}{s} \cdot \frac{2118.882 \text{ cfm}}{1 \frac{m^3}{s}} = 2898.63 \text{ cfm}$$

$$Q_1 = 4924,8 \frac{m^3}{h}$$

- **Presión estática**

La presión estática es la presión ejercida por el fluido en cada una de las direcciones del conducto en su interior tanto en dirección contraria y perpendicular de las paredes, para lo cual se hace uso de la ecuación (6).

- **Presión dinámica**

Esta presión acelera el fluido desde cero hasta llegar a la velocidad de régimen que va en dirección del fluido, la presión dinámica se la obtiene de dos formas tanto por ecuación como por gráfica, mediante la ecuación (7) se obtiene:

$$P_d = \frac{\rho_{aire} * V^2}{16}$$

$$P_d = 6,122 \text{ mm. c. a}$$

- **Diámetro de conducto**

Al determinar los valores del caudal y velocidad del aire en el conducto, se puede calcular el diámetro de los conductos en función a estos parámetros.

Tabla 3-36: Parámetros para el cálculo del diámetro del conducto

Parámetros	
Caudal (Q1) [m^3/h]	4924,8
Velocidad en los conductos [m/s]	10

Realizado por: Panchi, D.; Tamami, F., 2024

De acuerdo con el anexo F se obtiene el diámetro de los conductos para los tramos: AB, DE, GH, JK, MN y sus simétricos en el otro ramal.

$$D_{\text{conducto1}} = 430 \text{ mm}$$

Para el tramo CF recalculando el caudal tomando en cuenta que dos tramos del sistema se unen, se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q_1 + Q_1 \\ Q_2 &= 4924,8 + 4924,8 \\ Q_2 &= 9849,6 \frac{m^3}{h} \end{aligned}$$

Con este caudal y el anexo F, se obtiene el siguiente valor del diámetro para el tramo CF:

$$D_{\text{conducto2}} = 560 \text{ mm}$$

Para el tramo FI recalculando el caudal tomando en cuenta que 3 tramos del sistema se unen, se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} Q_3 &= Q_2 + Q_1 + Q_1 \\ Q_3 &= 9849,6 + 4924,8 + 4924,8 \\ Q_3 &= 19699,2 \frac{m^3}{h} \end{aligned}$$

Con este caudal y el anexo F, se obtiene el siguiente valor del diámetro para el tramo FI:

$$D_{\text{conducto3}} = 890 \text{ mm}$$

Para el tramo IL recalculando el caudal tomando en cuenta que tres tramos del sistema se unen, se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} Q_4 &= Q_3 + Q_1 + Q_1 \\ Q_4 &= 19699,2 + 4924,8 + 4924,8 \\ Q_4 &= 29548,8 \frac{m^3}{h} \end{aligned}$$

Con este caudal y el anexo F, se obtiene el siguiente valor del diámetro para el tramo FI:

$$D_{\text{conducto4}} = 940 \text{ mm}$$

Para el tramo LO recalculando el caudal tomando en cuenta que tres tramos del sistema se unen, se obtiene lo siguiente:

$$Q_5 = Q_4 + Q_1 + Q_1$$

$$Q_5 = 29548,8 + 4924,8 + 4924,8$$

$$Q_5 = 39398,4 \frac{m^3}{h}$$

Con este caudal y el anexo F, se obtiene el siguiente valor del diámetro para el tramo LO:

$$D_{conducto5} = 1100 \text{ mm}$$

Para el tramo de expulsión de los gases el caudal considerado para el cálculo del diámetro del conducto es el siguiente:

$$Q_6 = Q_5 + Q_1 + Q_1$$

$$Q_6 = 39398,4 + 4924,8 + 4924,8$$

$$Q_6 = 32832 \frac{m^3}{h}$$

Determinamos el diámetro requerido para este caudal y obtenemos lo siguiente:

$$D_{conducto6} = 1250 \text{ mm}$$

3.6.3.2. Pérdidas en los conductos

Las pérdidas en los sistemas de conductos se dan debido a la fricción que existen entre las partículas del humo de soldadura entre sí y contra las paredes de los ductos que conduce.

Las pérdidas en los conductos principales y secundarios se evidencian en la tabla 3-37.

Tabla 3-37: Pérdidas en los conductos

Tramos	Tramos	Caudal	Diámetro	Pérdidas [mm.c.a/m]	Longitud de ductos (m)	Pérdidas [mm.c.a]
A-B	A'-B'	4924,8	430	0,27	0,4	0,108
B-C	B'-C'	4924,8	430	0,27	0,3	0,081
C-F	C-F	9849,6	560	0,18	0,54	0,097
D-E	D'-E'	4924,8	430	0,27	0,4	0,108
E-F	E'-F'	4924,8	430	0,27	0,3	0,081
F-I	F-I	19699,2	890	0,13	1,55	0,202
G-H	G'-H'	4924,8	430	0,27	0,4	0,108
H-I	H'-I'	4924,8	430	0,27	0,3	0,081
I-L	I-L	29548,8	940	0,95	1,55	1,473
J-K	J'-K'	4924,8	430	0,27	0,4	0,108
K-L	K'-L'	4924,8	430	0,27	0,3	0,081
L-O	L-O	39398,4	1100	0,085	1,25	0,106
M-N	M'-N'	4924,8	430	0,27	0,4	0,108
N-O	N'-O'	4924,8	430	0,27	0,3	0,081
O-P	O-P	49248	1250	0,07	1,25	0,088
					Total	3,112

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

$$P_{long} = 3,112 \text{ [mm. c. a]}$$

Para esta configuración se requiere una sección rectangular en los ductos, con el objetivo de reducir gastos en material y fabricación por lo tanto se emplea la tabla del anexo K para transformar los ductos circulares en rectangulares con igual pérdidas de carga.

Tabla 3-38: Ductos circulares a rectangulares con igual pérdidas de carga.

Tramos	Tramos	Caudal	Diámetro	Ancho del ducto [mm]	Alto del ducto [mm]
A-B	A'-B'	4924,8	430	4420	3800
B-C	B'-C'	4924,8	430	4420	3800
C-F	C-F	9849,6	560	500	500
D-E	D'-E'	4924,8	430	4420	3800
E-F	E'-F'	4924,8	430	4420	3800
F-I	F-I	19699,2	890	700	700
G-H	G'-H'	4924,8	430	4420	3800
H-I	H'-I'	4924,8	430	4420	3800
I-L	I-L	29548,8	940	850	850
J-K	J'-K'	4924,8	430	4420	3800
K-L	K'-L'	4924,8	430	4420	3800
L-O	L-O	39398,4	1100	950	950
M-N	M'-N'	4924,8	430	4420	3800
N-O	N'-O'	4924,8	430	4420	3800
O-P	O-P	49248	1250	1000	1000

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Para obtener una optimización de las planchas de acero galvanizado se normaliza las dimensiones de las secciones y su equivalencia en cantidad de planchas, esto se observa en la tabla 3-39.

Tabla 3-39: Equivalencia de ductos circulares a rectangulares

Optimización del material para construcción de ductos					
CIRCULAR			RECTANGULAR		
Cantidad de Planchas	Diámetro (cm)	Diámetro (mm)	Cantidad de Planchas	cm*cm	mm
0,5	19,0	190	0,5	15,0	150
1,0	38,1	381	1,0	30,0	300
1,5	56,3	563	1,5	44,2	442
2,0	75,1	751	2,0	59,0	590
2,5	92,3	923	2,5	72,5	725
3,0	110,7	1107	3,0	87,0	870

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

De acuerdo con esto se obtiene una sección de 442,5 mm para el ducto secundario el cual va sujeto al sistema de captación y al ventilador seleccionado y de 725 mm para el ducto principal que se encarga del desecho de los gases hacia el exterior del taller.

3.6.3.3. Pérdidas por accesorios

- Tramo secundario.

Los tramos AB, BC, DE, EF, GH, HI, JK, KL, MN, NO y sus simétricos en el otro ramal constan de los mismos accesorios por lo cual se calcula solo de un ramal AB y BC por ello se lo detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3-40: Pérdida por accesorios del sistema 2

Pérdidas por accesorios tramo secundario				
Accesorio	# de elementos	factor "η"	Pd	Pe
Codos 90°	1	0,21	6,122	1,286
Campana	1	0,22	6,122	1,347
			Total	2,633

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

$$P_{acc} = 2,694 \text{ mm c. d. a.}$$

En la tabla 3-37 se encuentra el valor de la pérdida en el ducto del tramo AB, BC, la misma que debe sumarse con la pérdida por accesorios como se muestra a continuación:

$$P_e = P_{long \text{ AB \& BC}} + P_{acc}$$

$$P_e = 0,18 + 2,633$$

$$P_e = 2,82 \text{ mm c. d. a.}$$

- Tramo principal.

Los tramos CF, FI, IL, LO, OP constituyen el ducto principal que se normaliza a 725 mm tomando como promedio los dos primeros diámetros del tramo CF y FI, por ende, no existen perdidas por accesorios, solo las pérdidas generadas por longitud de tubería que de igual manera es el promedio de los tramos mencionados anteriormente.

$$P_{long \text{ tramo principal}} = 0,155 \frac{\text{mm. c. a}}{m} * 6,14 \text{ m}$$

$$P_{long \text{ tramo principal}} = 0,9517 \text{ m. c. a.}$$

$$P_e = P_{long \text{ tramo principal}} + P_{acc}$$

$$P_e = 0,9517 + 0$$

$$P_e = 0,9517 \text{ mm c. d. a.}$$

3.6.3.4. Pérdida total de carga en el sistema de extracción 2

- **Tramo secundario**

$$P_t = P_d + P_e$$

$$P_t = 6,122 + 2,82$$

$$P_t = 8,94 \text{ mm c. d. a.} = 87,652 \text{ Pa}$$

- **Tramo principal**

$$P_t = P_d + P_e$$

$$P_t = 6,122 + 0,9517$$

$$P_t = 7,074 \text{ mm c. d. a.} = 69,32 \text{ Pa}$$

3.6.3.5. Selección del ventilador

Al igual que el apartado 3.6.2.3, para este sistema se requiere un extractor por estación con el fin de obtener una funcionalidad independiente, los requerimientos para los tramos que conducen el gas desde las estaciones de trabajo a través de campanas hacia el ducto principal superior.

- **Tramo secundario.**

$$Q = 4924,8 \frac{m^3}{h} = 2898,63 \text{ cfm}$$

$$P_e = 87,652 \text{ Pa} = 8,944 \text{ mm c. a.}$$

Para los parámetros de caudal y caída de presión se tiene una línea de extractores axiales HXB de Soler&Palau que son fabricados a base de explosión, con normativas internacionales para funcionar sin riesgo. El ventilador seleccionado es el HXB 400/H que se destaca por su gran rendimiento y bajo consumo de energía, sus características las podemos observar en el anexo P y anexo Q extraídos de los catálogos de Soler&Palau.

Tabla 3-41: Especificaciones del extractor HXB-400 H

Características del extractor HXB-400 H	
Caudal [m ³ /h]	5450
Velocidad [rpm]	1625
Potencia [HP]	0,25
Peso [Kg]	15
Potencia sonora [dB/A]	64

Fuente: Soler y Palau, 2023

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

De acuerdo con la curva que presenta el ventilador HXB 400/H para un caudal de 4924,8 m³/h se tiene una caída de presión de 9 mm.c.a la cual es mayor a la calculada que es de 8,94 mm.c.a por lo que está dentro de los parámetros necesario para la selección del ventilador.

- **Tramo principal**

La selección del ventilador para el tramo principal está dado por el caudal y las pérdidas calculadas anteriormente, sin embargo, por economizar se plantea la construcción de un ducto sin ampliaciones, con un largo y ancho constante de 725 mm, por lo cual la pérdida total se ve reducida a las perdidas por longitud de ducto. El caudal seleccionado es en base a los calculados anteriormente, tomando en cuenta los diámetros en las secciones escalonadas y será validado mediante simulación, por lo que tenemos:

$$Q = 14774,4 \frac{m^3}{h} = 8695,89 \text{ cfm}$$

$$Pe = 79,25 \text{ Pa} = 8,08 \text{ mm c. a.}$$

Para los parámetros se tiene en el catálogo de Soler&Palau. Los ventiladores axiales HXT. Donde nos recomienda el uso del ventilador HXT 630H.

Tabla 3-42: Especificaciones del extractor HXT-630 H

Características del extractor HXT-630 H	
Caudal [m ³ /h]	15930
Velocidad [rpm]	1760
Potencia [HP]	1.5
Peso [Kg]	29
Potencia sonora [dB/A]	78

Fuente: Soler y Palau, 2023

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

De acuerdo con el Anexo P y R, la curva que presenta el ventilador HXT 630/H para un caudal de 14774,4 m³/h se tiene una caída de presión de 9 mm c. a. la cual es mayor a la calculada que es de 7,074 mm c. a. por lo que estamos dentro de los parámetros necesario para la selección del ventilador.

3.6.3.6. Modelado del sistema 2

Para este sistema se han tomado en cuenta ductos cuadrados y campanas en cada una de las estaciones, interconectados a un ducto principal ubicado en la parte superior de los puestos de trabajo, éste se encargará de evacuar los gases hacia el exterior.

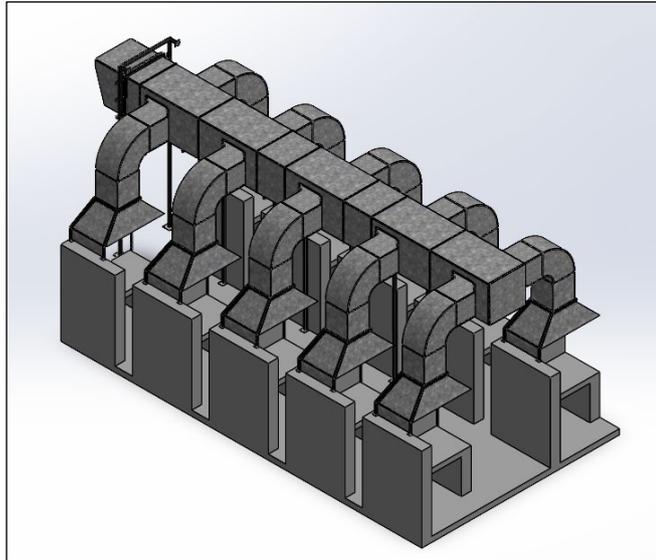


Ilustración 3-22: Modelado sistema de extracción 2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

3.6.3.7. Simulación CFD sistema de extracción 2

Al igual que en el sistema de extracción 1, se dividió en 2 tramos a todo el esquema con la finalidad de obtener mejores resultados ahorrando recursos computacionales, el primer tramo contenido desde la campana de extracción hasta la unión del ducto principal con los ductos secundarios.

- **Tramo secundario**

Los parámetros de simulación de este tramo son similares al primer tramo del sistema de extracción 1, por lo cual se tienen los siguientes datos:

Tabla 3-43: Parámetros tramo 1 sistema de extracción 2

Parámetros de simulación	
Velocidad [rad/s]	170
Rugosidad acero galvanizado [μm]	16

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

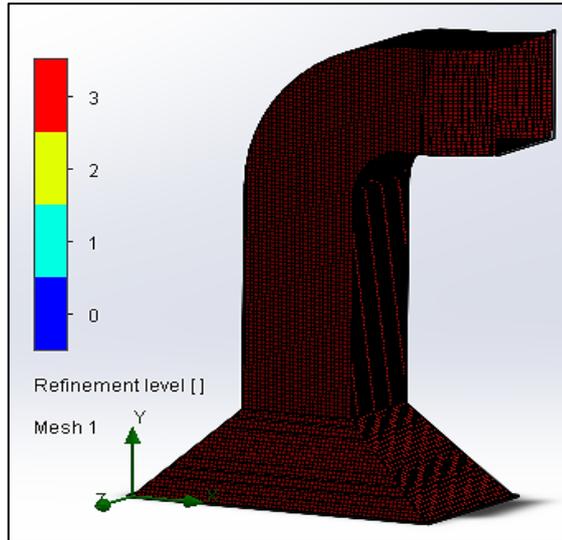


Ilustración 3-23: Mallado del ducto secundario del sistema 2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

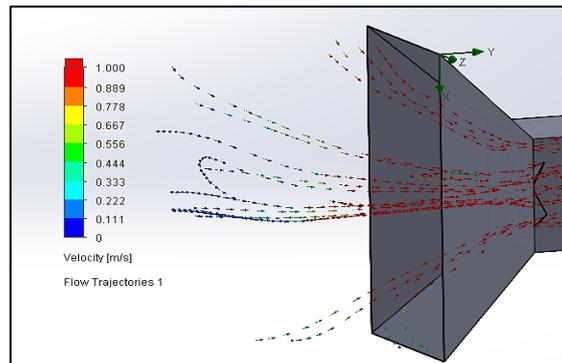


Ilustración 3-24: Velocidad de captación del sistema 2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

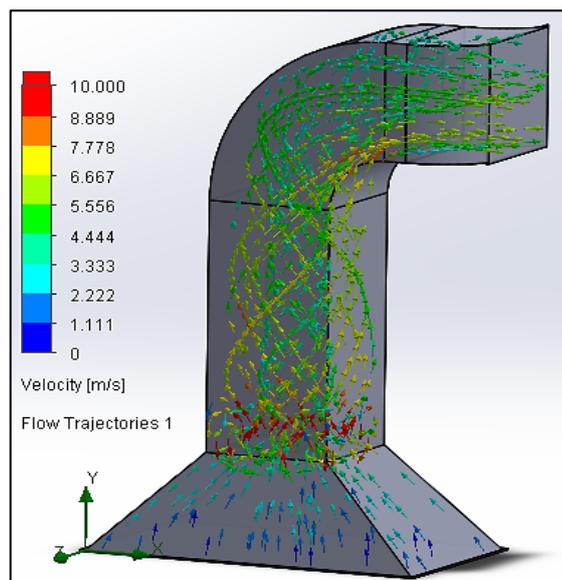


Ilustración 3-25: Simulación del tramo 1 del sistema de extracción 2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Se determina la tasa de flujo a la salida del tramo:

$$Q = A * V$$

$$Q = (0,48 \text{ m} * 0,48 \text{ m}) * 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 2,304 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Con esta configuración del tramo 1 se obtiene una eficiencia del 83,33% debido a que el punto de operación se encuentra por debajo de la curva de rendimiento máximo del equipo.

- **Tramo principal**

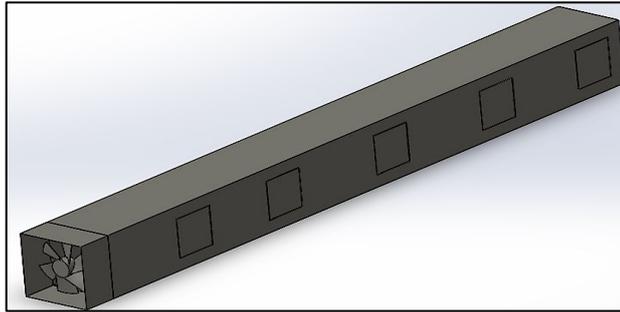


Ilustración 3-26: Tramo 2 del sistema de extracción 2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Al igual que en el sistema de extracción uno, en el tramo dos se unen todos los conductos salientes de cada una de las estaciones, para lo cual tenemos los siguientes parámetros para la simulación:

Tabla 3-44: Parámetros del tramo 2 del sistema de extracción 2

Parámetros de simulación	
Rugosidad acero galv. [μm]	16
Velocidad [rad/s]	1360

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

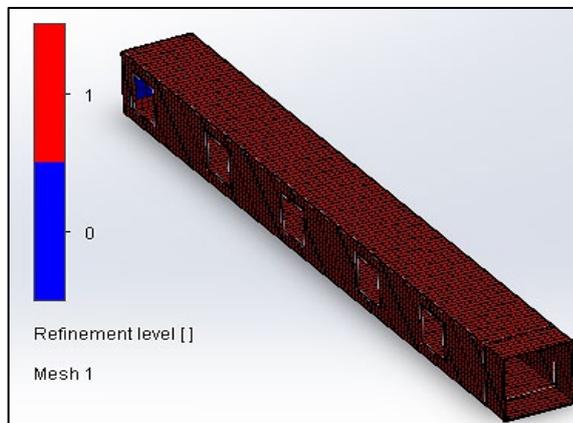


Ilustración 3-27: Mallado del ducto principal del sistema 2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

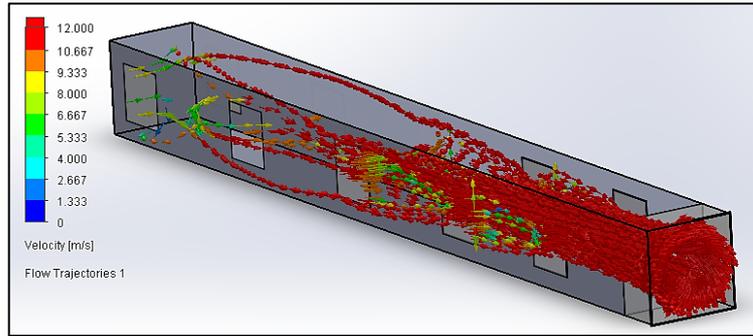


Ilustración 3-28: Simulación del tramo 2 del sistema de extracción 2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

Se determina la tasa de flujo a la salida del tramo:

$$Q = A * V$$

$$Q = (0,725 \text{ m} * 0,725 \text{ m}) * 9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 4,73 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q' = A * V$$

$$Q' = (0,725 \text{ m} * 0,725 \text{ m}) * 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q' = 6,308 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Con esta configuración del tramo 2 se obtiene una eficiencia del 75% con el uso de un variador de frecuencia con el fin de regular la velocidad del equipo y llegar a 1360 rpm y disminuir el ruido que puede ocasionar.

3.6.4. Sistema de extracción localizada con ductos articulados

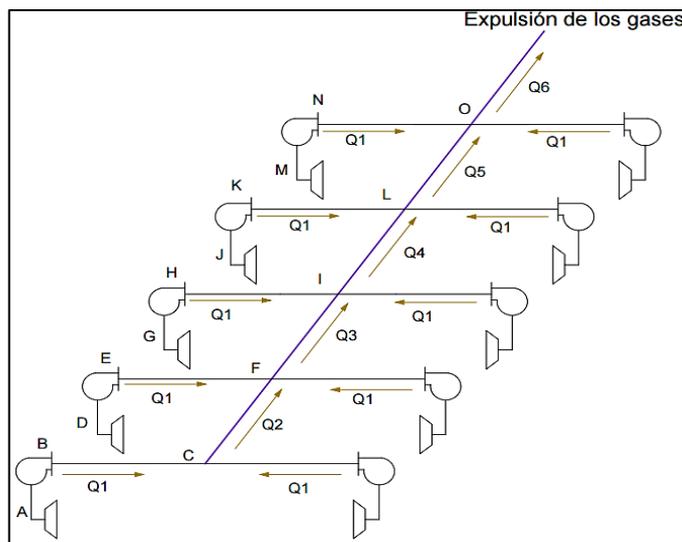


Ilustración 3-29: Sistema de extracción localizada con brazos articulados

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

3.6.4.1. Diseño de los conductos

- **Velocidad de diseño**

De acuerdo con la tabla 2-13 que recomienda una velocidad de captación en la campana entre 0,5 – 1 m/s, se asume:

$$V_{cap} = 0,5 \text{ m/s}$$

Tomando como referencia la tabla 2-19, la velocidad de diseño para los conductos de sistemas de extracción para gases de soldadura se encuentra en el rango de 10 – 12,5 m/s, para este caso se toma:

$$V_{con} = 12.5 \text{ m/s}$$

En esta alternativa se varía la velocidad con el objetivo de reducir el tamaño del ducto por las limitaciones de espacio que presenta las campanas libremente suspendidas.

- **Caudal**

Para el dimensionamiento del extractor a usar es necesario en primera instancia determinar el caudal que va circular por los ductos y la campana mediante la siguiente ecuación que establece la norma ACGIH para campanas libremente suspendidas.

Para campanas libremente suspendidas en la estación de trabajo, la norma presenta la siguiente ecuación:

$$Q = V(10X^2 + A) \quad (8)$$

Q : Caudal [m^3/s].

A : Área de la campana [m^2].

X : Distancia al foco [m].

V : Velocidad de captación [m/s].

$$Q_1 = 0,5 * (10 * 0,3^2 + (0,25 * 0,25)) \text{ m}^2$$
$$Q_1 = 0,481 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{2118,882 \text{ cfm}}{1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 1019,711 \text{ cfm}$$
$$Q_1 = 1732,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- **Presión estática**

La presión estática es la presión que es ejercida por el fluido en cada una de las direcciones del conducto en su interior tanto en dirección contraria y perpendicular de las paredes, para lo cual se hace uso de la ecuación (6).

- **Presión dinámica**

Esta presión acelera el fluido desde cero hasta la velocidad de régimen que va en dirección del fluido, la presión dinámica se la obtiene de dos formas, tanto por ecuación como por gráfica, mediante la ecuación (7) se obtiene:

$$P_d = \frac{\rho_{aire} V^2}{2}$$

ρ_{aire} : Densidad del aire [kg/m³].

V : Velocidad del aire en el ducto [m/s].

$$P_d = \frac{1,2 * (12.5)^2}{2}$$

$$P_d = 9,766 \text{ mm. c. a}$$

Tomando en cuenta el anexo J y una velocidad en los conductos de 12,5 m/s se obtienen lo siguiente:

$$P_d = 9,5 \text{ mm. c. a.}$$

Para determinar el diámetro adecuado para este sistema se sigue el mismo procedimiento de los apartados 3.6.2 y 3.6.3, ante esto obtenemos los siguientes resultados para cada tramo del sistema en dimensiones, longitud de los ductos, pérdida en los ductos por metro de tubería y pérdidas totales:

Tabla 3-45: Resultados de las dimensiones y pérdidas por longitud de tubería del sistema 3

Tramos	Tramos	Caudal	Diámetro	Pérdidas [mm.c.a/m]	Longitud de ductos (m)	Pérdidas [mm.c.a]
A-B	A'-B'	1732,5	225	1,85	1,2	2,22
B-C	B'-C'	1732,5	225	1,85	0,8	1,48
C-F	C-F	3465	315	1,2	1,45	1,74
D-E	D'-E'	1732,5	225	1,85	1,2	2,22
E-F	E'-F'	1732,5	225	1,85	0,8	1,48
F-I	F-I	6930	430	0,75	1,45	1,0875
G-H	G'-H'	1732,5	225	1,85	1,2	2,22
H-I	H'-I'	1732,5	225	1,85	0,8	1,48
I-L	I-L	10395	560	0,5	1,45	0,725
J-K	J'-K'	1732,5	225	1,85	1,2	2,22
K-L	K'-L'	1732,5	225	1,85	0,8	1,48
L-O	L-O	13860	620	0,48	1,25	0,6
M-N	M'-N'	1732,5	225	1,85	1,2	2,22
N-O	N'-O'	1732,5	225	1,85	0,8	1,48
O-P	O-P	17325	710	0,42	0,576	0,24192
					Total	22.894

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

3.6.4.2. Pérdida por los accesorios

- **Tramo secundario**

Los tramos AB, BC, DE, EF, GH, HI, JK, KL, MN, NO y sus simétricos en el otro ramal constan de los mismos accesorios por lo cual se tiene detallado en la siguiente tabla:

Tabla 3-46: Pérdida por accesorios del tramo secundario del sistema 3

Pérdidas por accesorios tramo secundario				
Accesorio	# de elementos	factor "η"	Pd	Pe
Codos	2	0,21	9,566	4,0179
Campana	1	0,25	9,566	2,3916
			Total	6,4094

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

$$P_{acc T secund} = n * P_d$$

$$P_{acc T secund} = 6.409 \text{ mm c. d. a.}$$

- **Pérdida estática del sistema**

En la tabla 3-45 se encuentra el valor de la pérdida en el ducto del tramo AB&BC, la misma que debe sumarse con la pérdida por accesorios como se muestra a continuación:

$$P_e = P_{long tramo secundario} + P_{acc}$$

$$P_e = 4.07 + 6.409$$

$$P_e = 10.479 \text{ mm c. d. a.}$$

Los tramos CF, FI, IL, LO, OP y sus simétricos en el otro ramal constan de los mismos accesorios por lo cual se tiene detallado en la siguiente tabla:

Tabla 3-47: Pérdida por accesorios del tramo principal del sistema 3

Pérdidas por accesorios tramo principal				
Accesorio	# de elementos	factor "η"	Pd	Pe
Expansión 30°	4	0,39	9,566327	14,923
			Total	14,923

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

$$P_{acc T principal} = n * P_d$$

$$P_{acc T principal} = 14.923 \text{ mm c. d. a.}$$

De la misma manera en la tabla 3-45 encontramos el valor de la pérdida en el ducto de los tramos CF, FI, IL, LO, OP, la misma que debe sumarse con la pérdida por accesorios como se muestra a continuación:

$$P_e = P_{long\ tramo\ principal} + P_{acc}$$

$$P_e = 4.394 + 14.923$$

$$P_e = \mathbf{19.31\ mm\ c.\ d.\ a.}$$

3.6.4.3. Pérdida de carga total del sistema

La pérdida de carga total del sistema está dada por la suma de la presión dinámica y la pérdida o presión estática.

- **Tramo secundario**

$$P_t = P_d + P_e$$

$$P_t = 9.566 + 10.47$$

$$P_t = \mathbf{20.04\ mm\ c.\ d.\ a.}$$

$$P_t = \mathbf{196.44\ Pa}$$

- **Tramo principal**

$$P_t = P_d + P_e$$

$$P_t = 9.566 + 19.31$$

$$P_t = \mathbf{28.88\ mm\ c.\ d.\ a.}$$

$$P_t = \mathbf{283.06\ Pa}$$

3.6.4.4. Selección del ventilador

- **Tramo secundario**

Al igual que en la sección 3.6.3.4. se tiene para el tramo secundario la misma configuración para las diez estaciones, debido a que tienen el mismo caudal y caída de presión, por ello con estos valores obtenidos se puede seleccionar adecuadamente el ventilador que se necesita para la aplicación.

$$Q = 1732,5 \frac{m^3}{h} = 1019.712\ cfm$$

$$P_e = 196.44\ Pa = 20.04\ mm\ c.\ a.$$

Dentro del catálogo de Soler&Palau se tiene la gama de ventiladores HEP donde el ventilador axial seleccionado es el HEP-400 que es de la línea de extractores axiales han sido fabricados a prueba de explosión, además tiene diámetros normalizados de 400, 500, y 630 mm

Tabla 3-48: Especificaciones del extractor HEP-400

Características del extractor HEP-400	
Caudal [m ³ /h]	4230
Velocidad [rpm]	1750
Potencia [HP]	0,25
Peso [Kg]	15,4
Potencia sonora [dB/A]	64

Fuente: Soler y Palau, 2023

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

De acuerdo con la curva que presenta el ventilador HEP 400 para un caudal de 1732.5 m³/h se tiene una caída de presión de 22 mm.c.a. la cual es mayor a la calculada que es de 20.04 mm.c.a. por lo que estamos dentro de los parámetros necesario para la selección del ventilador.

- **Tramo principal**

Para el tramo principal de desecho de los gases hacia los exteriores del taller obtenemos los siguientes parámetros de selección, pero de igual manera para reducir costos se normaliza el diámetro al igual que el caudal y la pérdida donde se considera solo el valor generado por el ducto, con el fin de obtener una sección constante a lo largo del ducto principal teniendo como valores:

$$Q = 17325 \frac{m^3}{h} = 10197,12 \text{ cfm}$$

$$P_e = 283.06 \text{ Pa} = 28,88 \text{ mm c. a.}$$

Para los valores calculados se tiene un ventilador axial TAT-1000H es de tipo tubulares con motor exterior, sus características y curva del equipo podemos apreciarlos en el Anexo N y Anexo O respectivamente. Las características técnicas están detalladas en la tabla 3-33.

De acuerdo con la curva que presenta el ventilador TAT - 1000H para un caudal de 17325 m³/h se tiene una caída de presión de 55 mm.c.a la cual es mayor a la calculada que es de 28,88 mm.c.a. por lo que estamos dentro de los parámetros necesario para la selección del ventilador.

3.6.4.5. Modelado del sistema 3

Para el sistema de extracción con ductos articulados se tiene una configuración con sección circular, con un extractor centrífugo independiente en cada estación con el fin de que su funcionamiento sea individual para economizar en energía eléctrica al momento en el cuál pocos estudiantes se encuentren haciendo uso de las soldadoras.

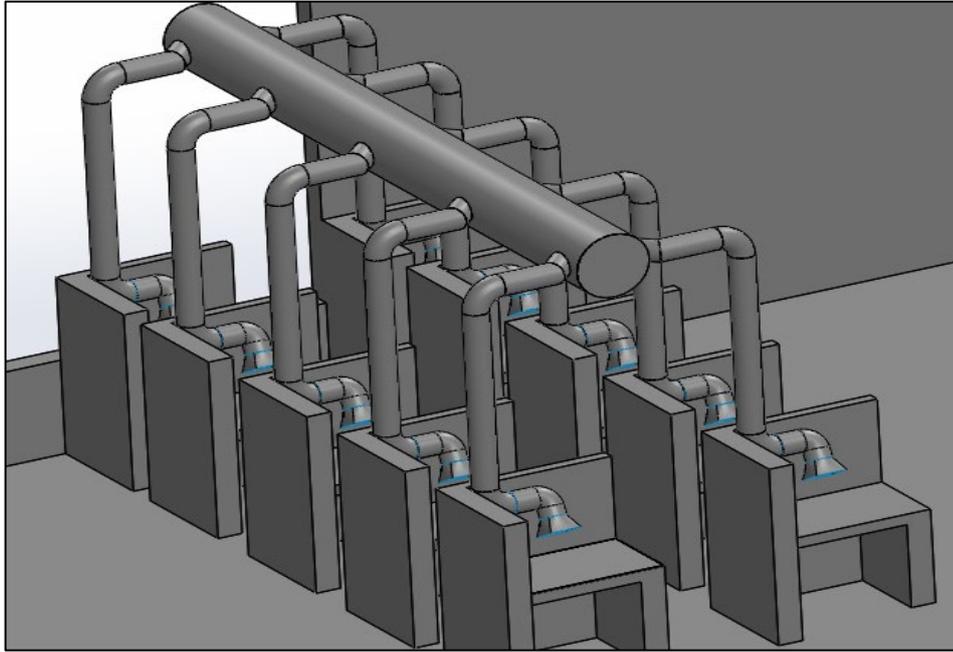


Ilustración 3-30: Modelado del sistema de extracción 3

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

3.6.4.6. Simulación CFD del sistema de extracción 3

- **Primer tramo**

En este sistema de extracción localizada en el primer tramo se tiene el sistema de captación ensamblado con ductos circulares como se observa en la ilustración 3-31, teniendo una campana y conductos para estación de manera independiente.

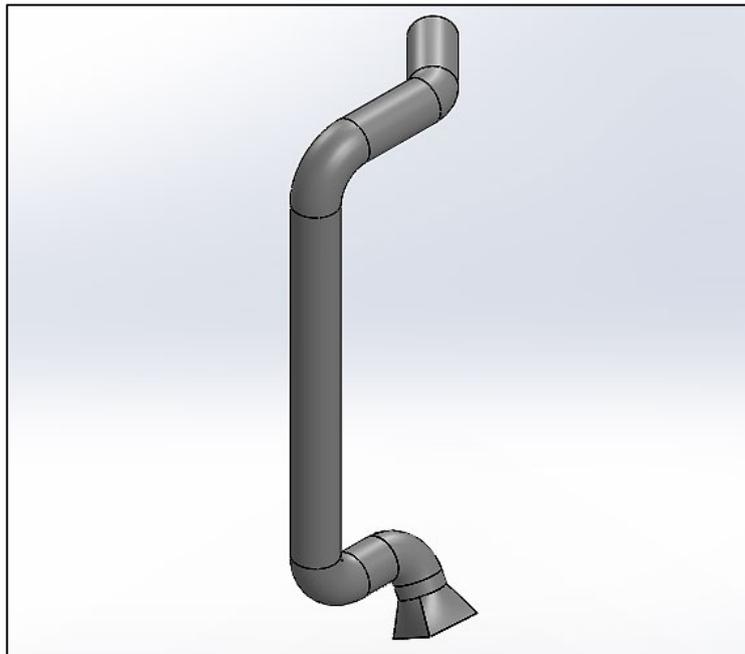


Ilustración 3-31: Tramo 1 del sistema de extracción 3

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Los parámetros para este tramo son los siguientes:

Tabla 3-49: Parámetros del tramo 1 sistema de extracción 3

Parámetros de simulación	
Rugosidad acero galvanizado [μm]	16
Velocidad [rpm]	1750

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

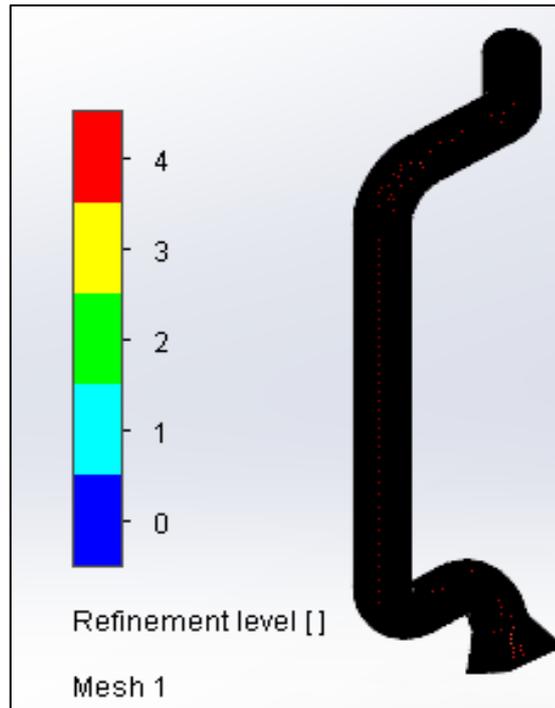


Ilustración 3-32: Mallado del ducto secundario del sistema 3

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

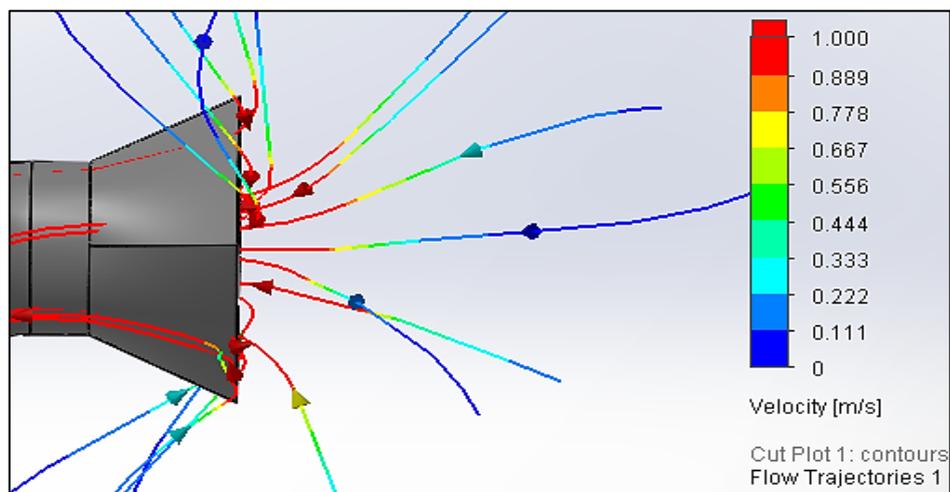


Ilustración 3-33: Velocidad de captación del sistema 3

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

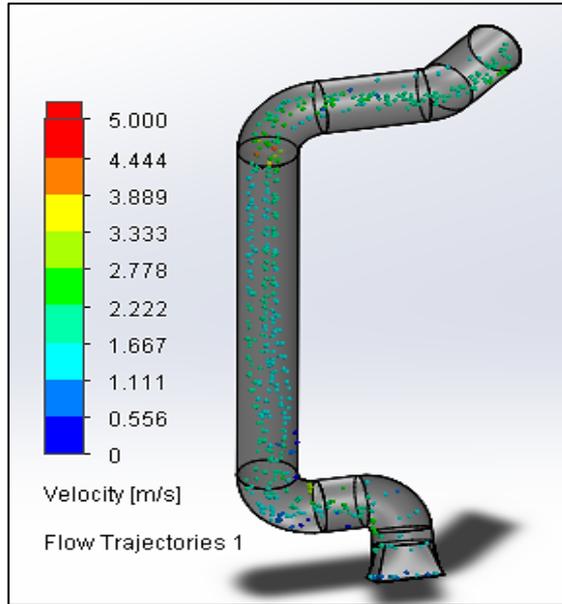


Ilustración 3-34: Simulación del tramo 1 del sistema de extracción 3

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Se determina la tasa de flujo a la salida del tramo:

$$Q = A * V$$

$$Q = \left(\frac{\pi * 0,225^2}{4} \right) * 5 \frac{m}{s}$$

$$Q = 0,123 \frac{m^3}{s}$$

Con esta configuración y equipos seleccionados se obtiene una eficiencia en la tasa de flujo del 66 %.

- **Segundo tramo**

Consta de un ducto principal para la expulsión de los gases para el exterior del taller, donde se unen todos los conductos salientes de cada una de las estaciones como se observa en la siguiente ilustración.

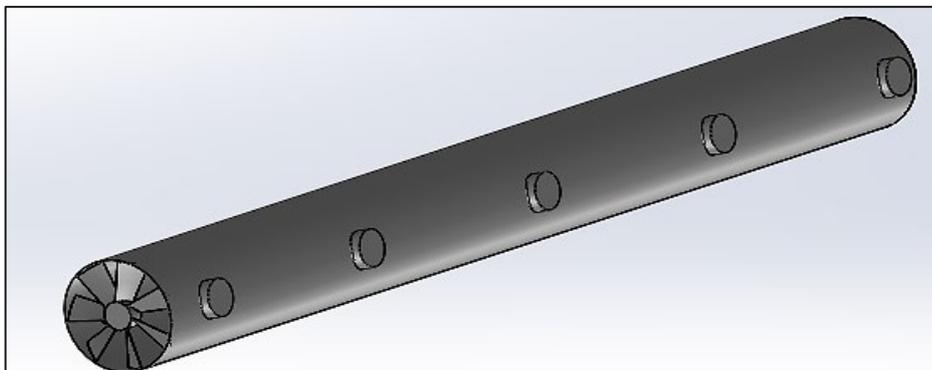


Ilustración 3-35: Tramo 2 del sistema de extracción 3

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Para este tramo se tiene los siguientes parámetros, tomando en cuenta que al igual que los otros sistemas aquí se unen los conductos de cada estación.

Tabla 3-50: Parámetros del tramo 2 del sistema de extracción 3

Parámetros de simulación	
Rugosidad acero galvanizado [μm]	16
Velocidad [rpm]	1400

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

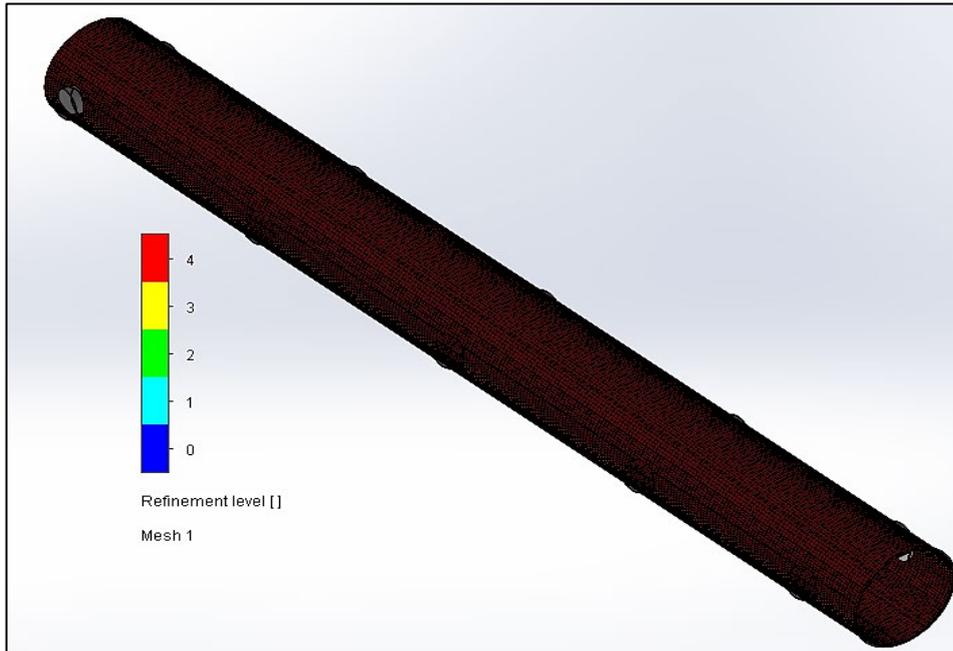


Ilustración 3-36: Mallado del ducto principal del sistema 3

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

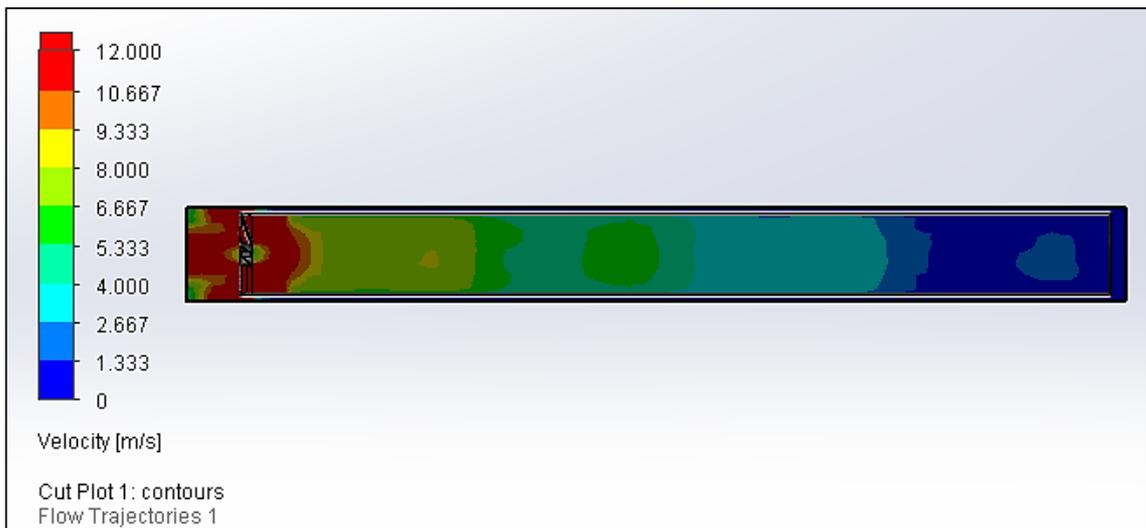


Ilustración 3-37: Simulación del tramo 2 del sistema de extracción 3

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Se determina la tasa de flujo a la salida del tramo:

$$Q = A * V$$

$$Q = \left(\frac{\pi * 0,6^2}{4} \right) * 8 \frac{m}{s}$$

$$Q = 2,262 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_1 = A * V$$

$$Q_1 = \left(\frac{\pi * 0,6^2}{4} \right) * 12 \frac{m}{s}$$

$$Q_1 = 3,393 \frac{m^3}{s}$$

Con esta configuración y equipos seleccionados se obtiene una eficiencia en la tasa de flujo del 66,67 %.

3.6.5. Sistema de extracción con banco fijo y rejillas

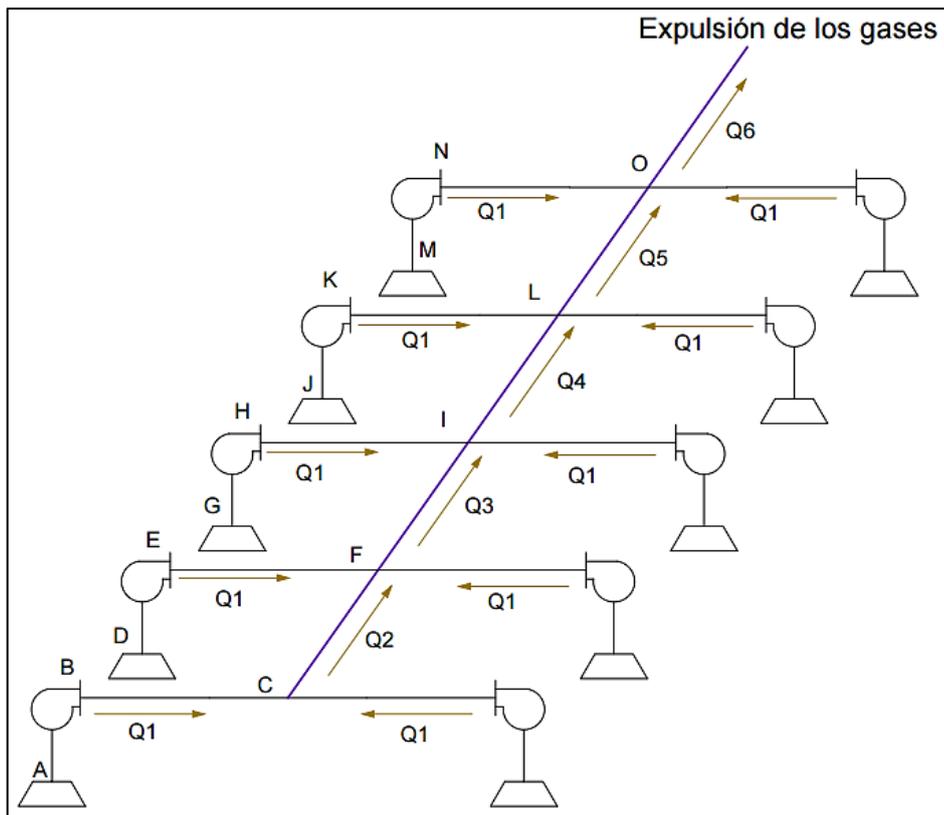


Ilustración 3-38: Sistema de extracción de banco fijo con rendijas

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

3.6.5.1. Dimensionamiento y pérdidas de los ductos

- **Caudal**

Para el caudal se toman los valores recomendados por el catálogo en función de las dimensiones de la mesa de trabajo, en este caso son:

Tabla 3-51: Caudal en función de las dimensiones de la mesa de trabajo

Caudal [Qm]	2000	m ³ /h por m de longitud de la mesa
	0,5556	m ³ /s por m de longitud de la mesa

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Teniendo en cuenta las siguientes dimensiones de la mesa de trabajo de la tabla 3-7, velocidad en los ductos y rendijas, se obtiene el caudal en función de la tabla 3-51 y la longitud de la mesa de trabajo:

$$V_{rendijas} = 5m/s$$

$$Q = Q_m * Longitud_mesa$$

Tabla 3-52: Cálculo del caudal

Caudal	2400	m³/h
	0,667	m ³ /s

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Para el cálculo del área de las rendijas se usa la siguiente expresión:

$$A_{rendijas} = \frac{Q}{V_{ducto}}$$

$$A_{rendijas} = 53,333 \text{ mm}$$

Con este parámetro obtenemos el ancho adecuado para las rendijas con la siguiente expresión:

$$Ancho_{rendijas} = \frac{A_{rendijas}}{Long_{mesa}}$$

$$Ancho_{rendijas} = 44,444 \text{ mm}$$

Tomando en cuenta que la velocidad de los ductos se mantiene de **12,5 m/s**, con la ayuda del anexo F, obtenemos el diámetro adecuado para cada uno de los tramos del sistema, teniendo así, para los tramos AB, DE, GH, JK, MN el siguiente diámetro:

$$Q_1 = 2400 \frac{m^3}{h}$$

$$D_1 = 255 \text{ mm}$$

Para el tramo CF se suman los caudales de los tramos que se unen en el nodo C, obteniendo el siguiente diámetro:

$$\begin{aligned}Q_2 &= Q_1 + Q_1 \\Q_2 &= 2400 + 2400 \\Q_2 &= 4800 \frac{m^3}{h} \\D_2 &= 370 \text{ mm}\end{aligned}$$

Para el tramo FI se tiene un caso similar, el diámetro obtenido es el siguiente:

$$\begin{aligned}Q_3 &= Q_2 + 2 * Q_1 \\Q_3 &= 4800 + (2 * 2400) \\Q_3 &= 9600 \frac{m^3}{h} \\D_3 &= 520 \text{ mm}\end{aligned}$$

Para el tramo IL es similar al tramo FI obteniendo lo siguiente:

$$\begin{aligned}Q_4 &= Q_3 + 2 * Q_1 \\Q_4 &= 9600 + (2 * 2400) \\Q_4 &= 14400 \frac{m^3}{h} \\D_4 &= 620 \text{ mm}\end{aligned}$$

Para el tramo LO es similar al tramo FI obteniendo lo siguiente:

$$\begin{aligned}Q_5 &= Q_4 + 2 * Q_1 \\Q_5 &= 14400 + (2 * 2400) \\Q_5 &= 19200 \frac{m^3}{h} \\D_5 &= 720 \text{ mm}\end{aligned}$$

Para el tramo O que es de expulsión de los gases es similar a los otros tramos de unión, obteniendo lo siguiente:

$$\begin{aligned}Q_6 &= Q_5 + 2 * Q_1 \\Q_6 &= 19200 + (2 * 2400) \\Q_6 &= 24000 \frac{m^3}{h} \\D_6 &= 810 \text{ mm}\end{aligned}$$

3.6.5.2. Pérdidas del Sistema y dimensiones generales

En la tabla 3-53 se evidencia las dimensiones generales del sistema (diámetro y longitud de cada tramo), así como sus respectivas pérdidas:

Tabla 3-53: Dimensiones y pérdidas generales de cada ducto del sistema

Tramos	Tramos	Caudal	Diámetro	Pérdidas [mm.c.a/m]	Longitud de ductos (m)	Pérdidas [mm.c.a]
A-B	A'-B'	2400	255	0,75	1,14	0,855
B-C	B'-C'	2400	255	0,75	0,4	0,3
C-F	C-F	4800	370	0,49	1,45	0,7105
D-E	D'-E'	2400	255	0,75	1,2	0,9
E-F	E'-F'	2400	255	0,75	0,4	0,3
F-I	F-I	9600	520	0,3	1,45	0,435
G-H	G'-H'	2400	255	0,75	1,14	0,855
H-I	H'-I'	2400	255	0,75	0,4	0,3
I-L	I-L	14400	620	0,24	1,45	0,348
J-K	J'-K'	2400	255	0,75	1,14	0,855
K-L	K'-L'	2400	255	0,75	0,4	0,3
L-O	L-O	19200	720	0,19	1,25	0,2375
M-N	M'-N'	2400	255	0,75	1,14	0,855
N-O	N'-O'	2400	255	0,75	0,4	0,3
O-P	O-P	24000	810	0,17	0,5	0,085
					Total	7,636

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

3.6.5.3. Pérdida por los accesorios

Tabla 3-54: Pérdida por accesorios del sistema 4

Pérdidas por accesorios tramo secundario				
Accesorio	# de elementos	factor "η"	Pd	Pe
Codo 90°	1	0,21	9,566	2,0089
Campana	1	0,22	9,566	2,1046
			Total	4,1135

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

$$P_{acc} = n * P_d$$

$$P_{acc} = 4.113 \text{ mm c. d. a.}$$

- **Pérdida estática del sistema**

En la tabla 3-53 se encuentra el valor de la pérdida en el ducto de los tramos AB, BC, la misma que debe sumarse con la pérdida por accesorios como se muestra a continuación:

$$P_e = P_{long \text{ } T \text{ } secundario} + P_{acc}$$

$$P_e = 1.155 + 4.113$$

$$P_e = 5.269 \text{ mm c. d. a.}$$

Tabla 3-55: Pérdida por accesorios del tramo principal del sistema 4

Pérdidas por accesorios tramo principal				
Accesorio	# de elementos	factor "η"	Pd	Pe
Expansión 30°	4	0,39	9,566327	14,923
			Total	14,923

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

$$P_{acc} = n * P_d$$

$$P_{acc} = 14.923 \text{ mm c. d. a.}$$

$$P_e = P_{long \text{ } tramo \text{ } principal} + P_{acc}$$

$$P_e = 1.816 + 14.923$$

$$P_e = 16.739 \text{ mm c. d. a.}$$

3.6.5.4. Pérdida de carga total del sistema

La pérdida de carga total en el sistema se la determina mediante la siguiente expresión:

$$P_t = P_{long} + P_{acc}$$

Tabla 3-56: Pérdidas totales del sistema 4

Pérdida de carga total del sistema				
Tramo	Pd [mm.c.a]	Pe [mm.c.a]	P t	
			[mm.c.a]	Pa
Secundario	9,5663	5,269	14,8348	145,3815
Principal	9,5663	16,7395	26,3058	257,7968

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

3.6.5.5. Selección del ventilador

- **Selección del ventilador para el tramo secundario**

Este tramo se repite para las diez estaciones, debido a que tienen la misma configuración en caudal y caída de presión, por ello con estos valores obtenidos se puede seleccionar adecuadamente el ventilador que se necesita para la aplicación sin generar gastos de energía inadecuados

$$Q = 2400 \frac{m^3}{h} = 1412.58 \text{ cfm}$$

$$Pe = 145.38 \text{ Pa} = 14.83 \text{ mm c. a.}$$

Los valores calculados anteriormente son usados para seleccionar el ventilador adecuado mediante el uso del catálogo de Soler&Palau donde el ventilador axial seleccionado TTB-500 es de tipo tubular con motor exterior, en los anexos L y M podemos observar las características y la curva del equipo respectivamente. Las características técnicas están detalladas en la tabla 3-32. De acuerdo con la curva que presenta el ventilador TTB - 500 para un caudal de 2400 m³/h se tiene una caída de presión de 24 mm.c.a. la cual es mayor a la calculada que es de 14,83 mm.c.a. por lo que estamos dentro de los parámetros necesario para la selección del ventilador.

- ***Selección del ventilador para el tramo principal***

De la misma manera que para las secciones anteriores para la selección del ventilador del tramo principal se busca una sección transversal constante obteniendo los siguientes valores:

$$Q = 14400 \frac{m^3}{h} = 8475,52 \text{ cfm}$$

$$Pe = 257.796 \text{ Pa} = 26.3 \text{ mm c. a.}$$

Los valores calculados anteriormente son usados para seleccionar el ventilador adecuado mediante la configuración requerida en la plataforma virtual que nos ofrece EASYVENT diseñado por Soler&Palau. El ventilador axial seleccionado TAT-800H es de tipo tubulares con motor exterior, además tiene diámetros normalizados de 560, 630, 710, 800, 900 y 1000 mm, sirven para manejo del fluido en los ductos de ventilación industrial o comercial.

Tabla 3-57: Especificaciones del extractor TAT-800 H

Características del extractor TAT-800H	
Caudal [m ³ /h]	25223
Velocidad [rpm]	1400
Potencia [HP]	5
Peso [Kg]	108
Potencia sonora [dB/A]	100

Fuente: Soler y Palau, 2023

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

De acuerdo con el Anexo U y V que presenta la curva característica del ventilador TAT-T-800H para un caudal de 14400 m³/h se tiene una caída de presión de 30 mm.c.a. la cual es mayor a la calculada que es de 26,3 mm.c.a. por lo que estamos dentro de los parámetros necesario para la selección del ventilador.

3.6.5.6. Modelado del sistema 4

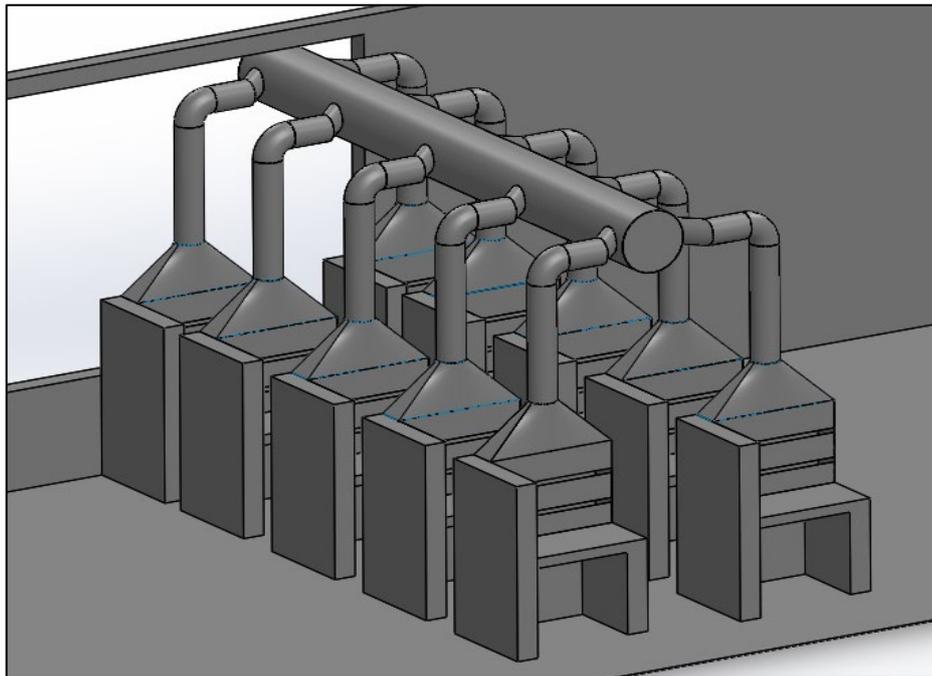


Ilustración 3-39: Modelado del sistema de extracción 4

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

3.6.5.7. Simulación CFD del sistema de extracción 4

- **Primer tramo**

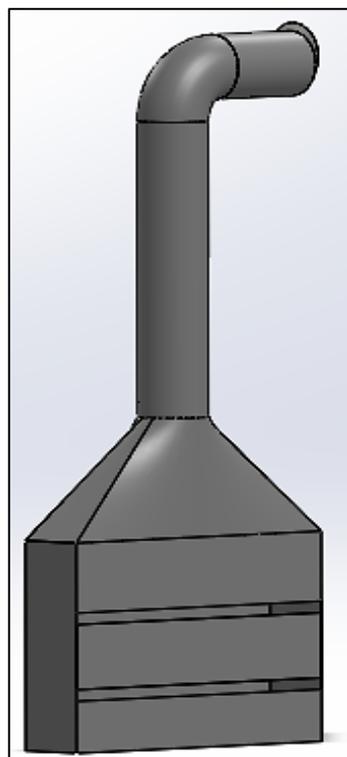


Ilustración 3-40: Tramo 1 del sistema de extracción 4

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Para este tramo se tienen los siguientes parámetros:

Tabla 3-58: Parámetros del tramo 1 del sistema de extracción 4

Parámetros de simulación	
Rugosidad acero galvanizado [μm]	16
Velocidad [rpm]	1550

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

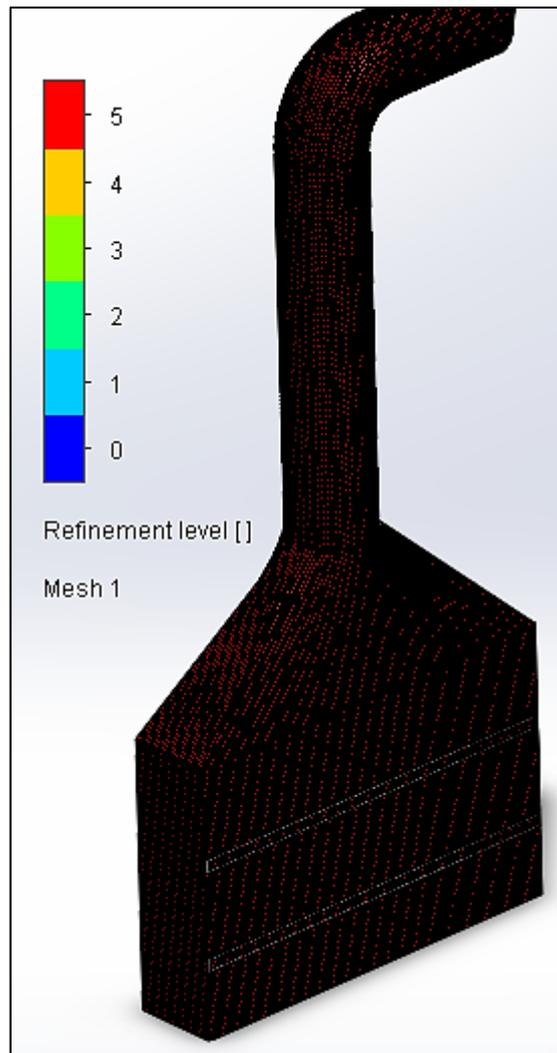


Ilustración 3-41: Mallado del ducto secundario del sistema 4

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

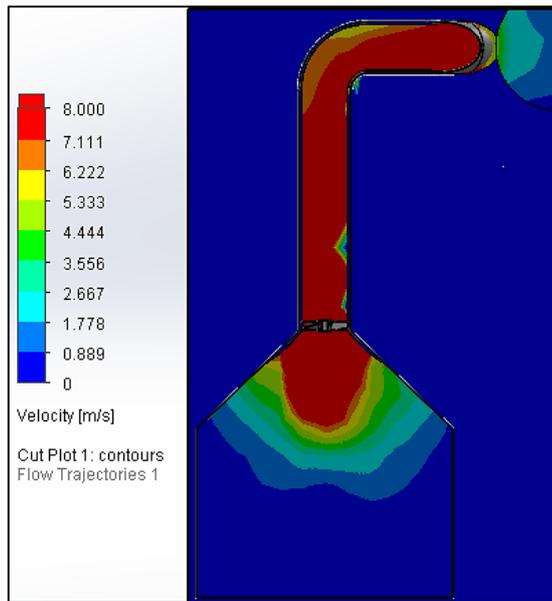


Ilustración 3-42: Simulación del tramo 1 del sistema de extracción 4

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

Se determina la tasa de flujo a la salida del tramo:

$$Q = A * V$$

$$Q = \left(\frac{\pi * 0,250^2}{4} \right) * 8 \frac{m}{s}$$

$$Q = 0,393 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_1 = A * V$$

$$Q_1 = \left(\frac{\pi * 0,250^2}{4} \right) * 8 \frac{m}{s}$$

$$Q_1 = 0,589 \frac{m^3}{s}$$

En esta configuración obtenemos una eficiencia en la taza de flujo del 66,72%.

- **Segundo tramo**

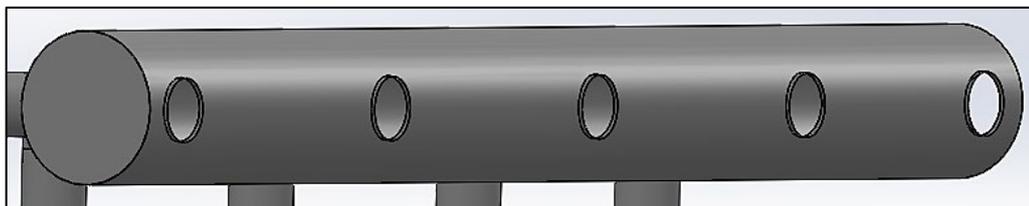


Ilustración 3-43: Tramo 2 del sistema de extracción 4

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

Para el segundo tramo de este sistema de extracción se tienen los siguientes parámetros:

Tabla 3-59: Parámetros del tramo 2 del sistema de extracción 4

Parámetros de simulación	
Rugosidad acero galvanizado [μm]	16
Velocidad [rpm]	1400

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

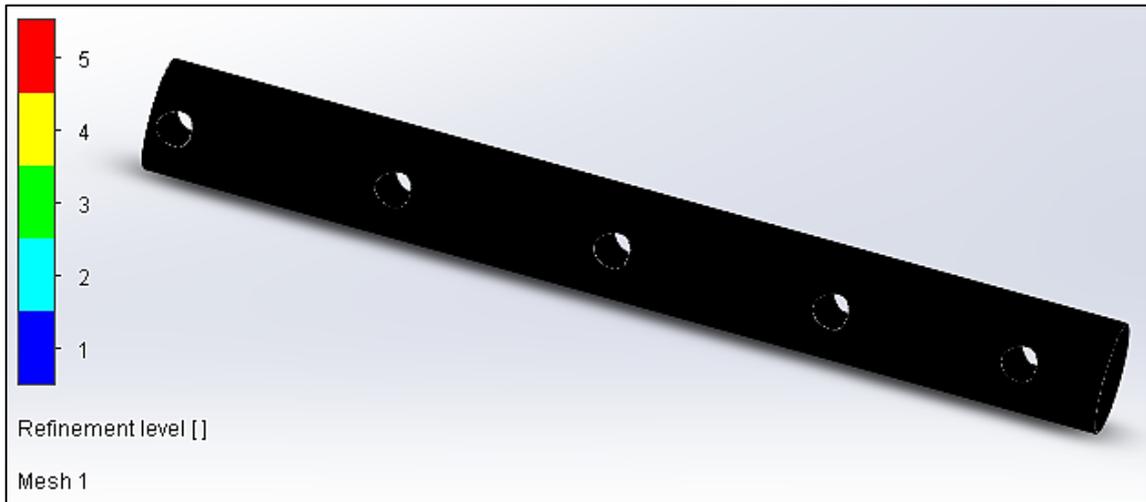


Ilustración 3-44: Mallado del ducto principal del sistema 4

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

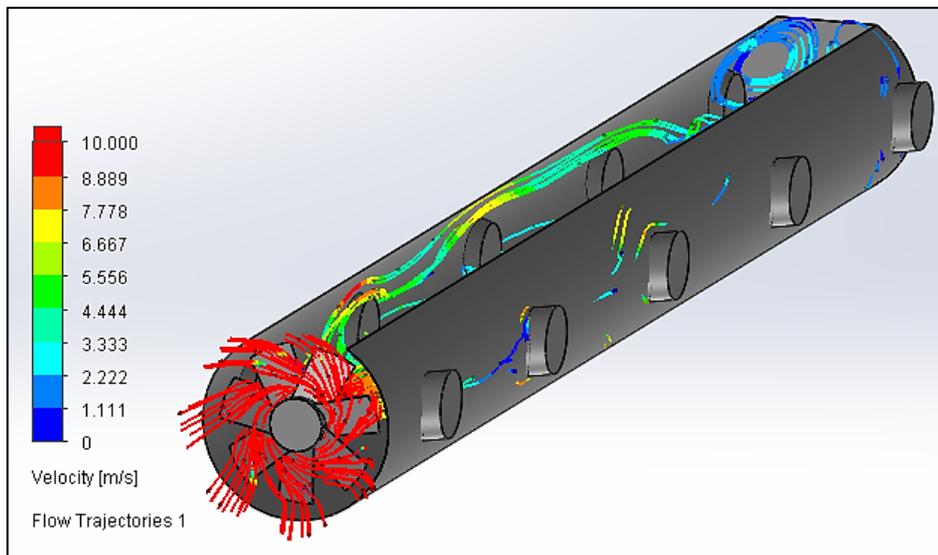


Ilustración 3-45: Simulación del tramo 2 del sistema de extracción 4

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

Se determina la tasa de flujo a la salida del tramo:

$$Q = A * V$$

$$Q = \left(\frac{\pi * 0,720^2}{4} \right) * 10 \frac{m}{s}$$

$$Q = 4,072 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_1 = A * V$$

$$Q_1 = \left(\frac{\pi * 0,720^2}{4} \right) * 12 \frac{m}{s}$$

$$Q_1 = 4,885 \frac{m^3}{s}$$

En esta configuración y equipos seleccionados obtenemos una eficiencia en la tasa de flujo del 83,34%.

3.7. Diseño del sistema eléctrico.

Para el diseño del sistema eléctrico se tiene una representación donde se emplea el software CAde SIMU, y se establece el diagrama de mando y el de control requerido para el correcto funcionamiento de los ventiladores.

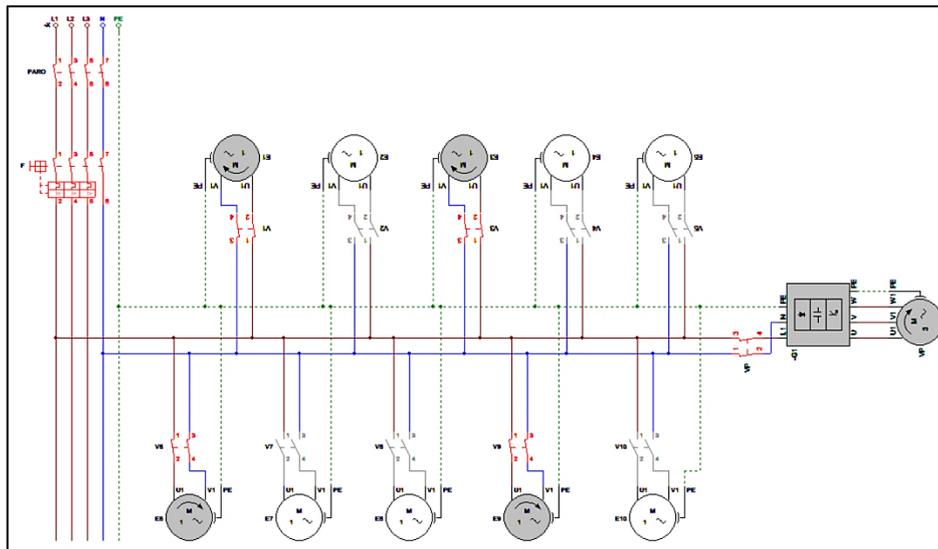


Ilustración 3-46: Diagrama de fuerza del sistema eléctrico.

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

Como se puede apreciar en la ilustración 3-33 se tiene el diagrama de fuerza del sistema eléctrico, el mismo que tiene un control independiente de cada estación, sin embargo, tiene un ventilador principal que se acciona en primera instancia para evacuar los gases de soldadura al exterior.

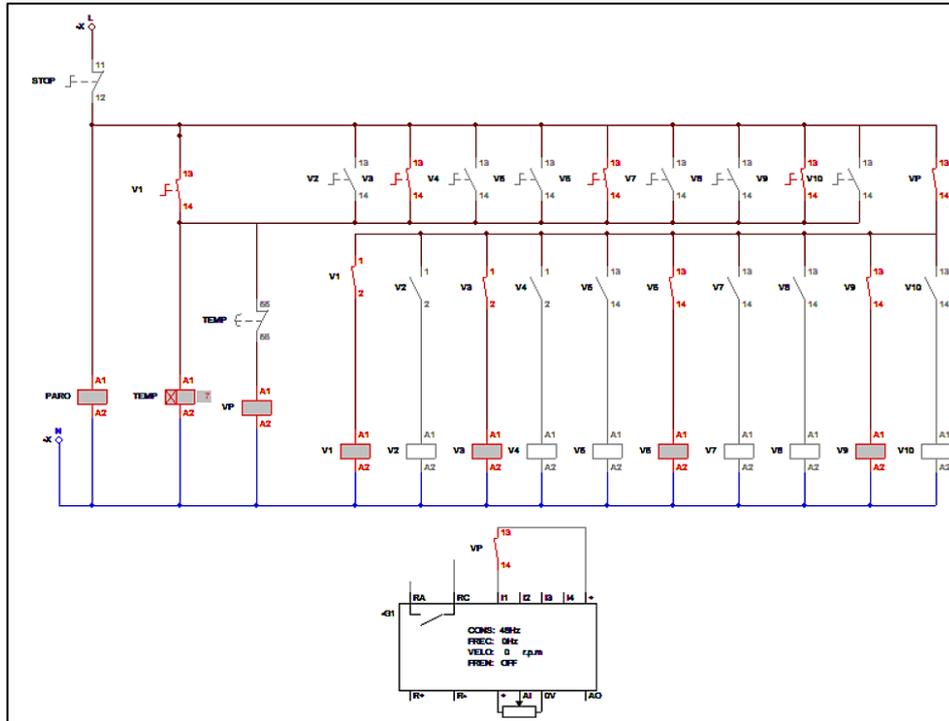


Ilustración 3-47: Diagrama de control del sistema eléctrico.

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

3.8. Costos de los sistemas de extracción.

Los costos de las alternativas propuestas anteriormente se muestran detalladamente a continuación:

3.8.1. Costos del sistema de ductos y campanas de extracción individual en cada estación.

Los costos para el sistema de ductos y campanas de extracción individual en cada estación con ductos circulares está dividida en tres tramos, donde el primer tramo lo constituyen las estaciones uno, cinco, seis y diez; para el segundo tramo se tiene las estaciones dos, cuatro, siete y nueve; en el tercer tramo se tiene para las estaciones centrales que son la tres y ocho, la distribución de las estaciones se lo puede observar en la ilustración 3-7, por lo cual se tiene los costos de la siguiente manera:

3.8.1.1. Costos directos del sistema uno

- **Costo de materiales**

Tabla 3-60: Costo de materiales del sistema uno

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Sub Total
Tramo 1					
Campanas					
1	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	2	19,65	39,3
2	Remaches 5/32x3/8 in	U	104	0,2	20,8
Ducto secundario					
3	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	3	19,65	58,95
4	Remaches 5/32x3/8 in	U	1670	0,2	334
Tramo 2					
Campanas					
5	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	2	19,65	39,3
6	Remaches 5/32x3/8 in	U	57	0,2	11,4
Ducto secundario					
7	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	3	19,65	58,95
8	Remaches 5/32x3/8 in	U	167	0,2	33,4
Tramo 3					
Campana					
9	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	2	19,65	39,3
10	Remaches 5/32x3/8 in	U	57	0,2	11,4
Ducto secundario					
11	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	2	19,65	39,3
12	Remaches 5/32x3/8 in	U	167	0,2	33,4
Ducto principal					
13	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,9 mm	m	6	25,45	152,7
14	Remaches 5/32x3/8 in	U	323	0,2	64,6
Sistema eléctrico					

15	Guardamotor SM1P2500	U	1	68	68
16	Variadores de Velocidad VFD 015 EL21 W-1	U	1	280	280
17	Relés de Tiempo SIEMENS 7PV MultFuncion	U	1	70,4	70,4
18	ContactoNCH8 20/20 110V	U	10	9,5	95
19	ContactoNCH8 20/20 220V	U	1	9,5	9,5
20	Sensor de Humo	U	10	12,32	123,2
21	Extractor TTB 500	U	10	940	9400
22	Extractor TAT 1000 H	U	1	1553	1553
				Sub Total	12535,90

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

- **Costo de mano de obra**

Tabla 3-61: Costo de mano de obra del sistema uno

Ítem	Descripción	Horas- Hombre	Costo x hora	Sub Total	
1	Maestro de obra	160	4,42	707,2	
2	Ayudante	160	2	320	
3	Soldador	80	4,65	372	
4	Doblador	4	2	8	
5	Rolado	10	5	50	
				Sub Total	1457,2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- **Costo de equipos y herramientas**

Tabla 3-62: Costo de equipos y herramientas del sistema uno

Ítem	Descripción	Horas-Equipo	Costo x hora	Sub Total	
1	Remachadora	8	1	8	
2	Dobladora	5	1,25	6,25	
3	Cortadora	5	1,25	6,25	
4	Llaves	3	0,5	1,5	
5	Roladora	10	2,5	25	
6	Soldadora	40	2,5	100	
7	Taladro	8	1	8	
				Sub Total	155

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

- **Transporte**

El costo del transporte es de 200 USD por la adquisición de los extractores en Ambato y Quito según la disponibilidad.

Los costos directos son de 14348,10 dólares.

3.8.1.2. Costos indirectos del sistema uno

Tabla 3-63: Costos indirectos del sistema uno

Costo ingenieril (10%)	1434,81
Imprevistos	0
Utilidad	0
Sub Total	1434,81

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

3.8.1.3. Costo total del sistema uno

Tabla 3-64: Costo total del sistema uno

Costos directos	14348,1
Costos indirectos	1434,81
Total	15782,9

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

El costo total para la construcción del sistema es de 15782,90 dólares.

3.8.2. Costos del sistema de ductos cuadrados y campanas con un extractor por estación

Los costos de este sistema se muestran a continuación en la tabla 3-65.

3.8.2.1. Costos directos del sistema dos

- **Costo de materiales**

Tabla 3-65: Costo de materiales del sistema dos

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Sub Total
Campanas					
1	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	5	19,65	98,25

2	Remaches 5/32x3/8 in	U	570	0,2	114
Ducto secundario					
3	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	8	19,65	157,2
4	Remaches 5/32x3/8 in	U	1670	0,2	334
Ducto principal					
5	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,9 mm	Plancha	6	25,45	152,7
6	Remaches 5/32x3/8 in	U	323	0,2	64,6
Sistema eléctrico					
7	Guardamotor SM1P2500	U	1	68	68
8	Variadores de Velocidad VFD 015 EL21 W-1	U	1	280	280
9	Relés de Tiempo SIEMENS 7PV Multifunción	U	1	70,4	70,4
10	ContactoNCH8 20/20 110V	U	10	9,5	95
11	ContactoNCH8 20/20 220V	U	1	9,5	9,5
12	Sensor de Humo	U	10	12,32	123,2
13	Extractor HXB 400 H	U	10	398	3980
14	Extractor HXT 630 H	U	1	917	917
				Sub Total	6463,85

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

- **Costo de mano de obra**

Tabla 3-66: Costo de mano de obra de sistema dos

Ítem	Descripción	Horas- Hombre	Costo x hora	Sub Total	
1	Maestro de obra	160	4,42	707,2	
2	Ayudante	160	2	320	
3	Soldador	80	4,65	372	
4	Doblador	4	2	8	
				Sub Total	1407,2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- **Costo de equipos y herramientas**

Tabla 3-67: Costo de equipos y herramientas de sistema dos

Ítem	Descripción	Horas-Equipo	Costo x hora	Sub Total
1	Remachadora	40	1	40
2	Dobladora	10	1,25	12,5
3	Cortadora	4	1,25	5
4	Llaves	5	0,5	2,5
5	Soldadora	40	2,5	100
6	Taladro	8	1	8
			Sub Total	160

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- **Transporte**

El costo del transporte es de 200 USD, debido a que se requiere la adquisición de los equipos en la ciudad de Ambato y por otros casos de movilidad.

Los costos directos son de 8231.05\$

3.8.2.2. Costos indirectos del sistema dos

Tabla 3-68: Costos indirectos del sistema dos

Costo ingenieril (10%)	823,11
Imprevistos	0
Utilidad	0
Sub Total	823,11

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

3.8.2.3. Costo total del sistema dos

Tabla 3-69: Costo total del sistema dos

Costos directos	8231,1
Costos indirectos	823,11
Total	9054,2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

El costo total para la construcción del sistema es de 9054,20 dólares.

3.8.3. Costos del sistema de extracción localizada con ductos articulados

Los costos del sistema de extracción localizada con ductos articulados mantienen un diseño con una configuración idéntica en las diez estaciones y un ventilador en el tramo principal.

3.8.3.1. Costos directos del sistema tres

- **Costo de materiales**

Tabla 3-70: Costo de materiales de sistema tres

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Sub Total
Campanas					
1	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	3	19,65	58,95
2	Remaches 5/32x3/8 in	U	150	0,2	30
Ducto secundario					
3	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	2	19,65	39,3
4	Remaches 5/32x3/8 in	U	120	0,2	24
5	Ducto articulado aluminio D25	m	10	135	1350
Ducto principal					
6	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,9 mm	Plancha	5	25,45	127,25
7	Remaches 5/32x3/8 in	U	323	0,2	64,6
Sistema eléctrico					
8	Guardamotor SM1P2500	U	1	68	68
9	Variadores de Velocidad VFD 015 EL21 W-1	U	1	280	280
10	Relés de Tiempo SIEMENS 7PV MultFuncion	U	1	70,4	70,4
11	ContactoNCH8 20/20 110V	U	10	9,5	95
12	ContactoNCH8 20/20 220V	U	1	9,5	9,5
13	Sensor de Humo	U	10	12,32	123,2
14	Extractor HEP 400	U	10	910	9100
15	Extractor TAT 1000 H	U	1	1553	1553
Sub Total					12993,20

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

- **Costo de mano de obra**

Tabla 3-71: Costo de mano de obra del sistema tres

Ítem	Descripción	Horas-Hombre	Costo x hora	Sub Total
1	Maestro de obra	160	4,42	707,2
2	Ayudante	160	2	320
3	Soldador	80	4,65	372
4	Doblador	4	2	8
5	Rolado	10	5	50
			Sub Total	1457,2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

- **Costo de equipos y herramientas**

Tabla 3-72: Costo de equipos y herramientas de sistema tres

Ítem	Descripción	Horas-Equipo	Costo x hora	Sub Total
1	Remachadora	4	1	4
2	Dobladora	2	1,25	2,5
3	Cortadora	2	1,25	2,5
4	Llaves	3	0,5	1,5
5	Roladora	10	2,5	25
6	Soldadora	40	2,5	100
			Sub Total	135,5

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- **Transporte**

El costo del transporte es de 200 USD, debido a que se requiere la adquisición de los equipos en la ciudad de Ambato y por otros casos de movilidad.

Los costos directos son de 14785,90 dólares.

3.8.3.2. Costos indirectos del sistema tres

Tabla 3-73: Costos indirectos del sistema seleccionado del sistema tres

Costo ingenieril (10%)	1478,59
Imprevistos	0
Utilidad	0
Sub Total	1478,59

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

3.8.3.3. Costo total del sistema tres

Tabla 3-74: Costo total del sistema seleccionado del sistema tres

Costos directos	14785,9
Costos indirectos	1478,59
Total	16264,5

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

El costo total para la construcción del sistema es de 16264,50 dólares.

3.8.4. Costos del sistema de extracción con banco fijo y rejillas

Los costos del sistema de extracción con banco fijo de rejillas igualmente constan de una misma configuración para las diez estaciones con un ducto principal que ayuda a la evacuación de los gases hacia el exterior.

3.8.4.1. Costos directos del sistema cuatro

- **Costo de materiales**

Tabla 3-75: Costo de materiales del sistema cuatro

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Sub Total
Rendijas					
1	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	15	19,65	294,75
2	Remaches 5/32x3/8 in	U	300	0,2	60
Campanas					
1	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	5	19,65	98,25
2	Remaches 5/32x3/8 in	U	320	0,2	64
Ducto secundario					
3	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,7 mm	Plancha	4	19,65	78,6
4	Remaches 5/32x3/8 in	U	60	0,2	12
Ducto principal					
6	Plancha acero galvanizado 1220x2440x0,9 mm	Plancha	6	25,45	152,7
7	Remaches 5/32x3/8 in	U	80	0,2	16

Sistema eléctrico					
8	Guardamotor SM1P2500	U	1	68	68
9	Variadores de Velocidad VFD 015 EL21 W-1	U	1	280	280
10	Relés de Tiempo SIEMENS 7PV MultFuncion	U	1	70,4	70,4
11	ContactoNCH8 20/20 110V	U	10	9,5	95
12	ContactoNCH8 20/20 220V	U	1	9,5	9,5
13	Sensor de Humo	U	10	12,32	123,2
14	Extractor TTB 500	U	10	940	9400
15	Extractor TAT 800 H	U	1	2235	2235
				Sub Total	13057,40

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

- **Costo de mano de obra**

Tabla 3-76: Costo de mano de obra del sistema cuatro

Ítem	Descripción	Horas-Hombre	Costo x hora	Sub Total	
1	Maestro de obra	160	4,42	707,2	
2	Ayudante	160	2	320	
3	Soldador	80	4,65	372	
4	Doblador	4	2	8	
5	Rolado	10	5	50	
				Sub Total	1457,2

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- **Costo de equipos y herramientas**

Tabla 3-77: Costo de equipos y herramientas

Ítem	Descripción	Horas-Equipo	Costo x hora	Sub Total	
1	Remachadora	4	1	4	
2	Dobladora	2	1,25	2,5	
3	Cortadora	2	1,25	2,5	
4	Llaves	3	0,5	1,5	
5	Roladora	10	2,5	25	
6	Soldadora	40	2,5	100	
				Sub Total	135,5

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

- **Transporte**

El costo del transporte es de 200 USD, debido a que se requiere la adquisición de los equipos en la ciudad de Ambato, Quito y por otros casos de movilidad.

Los costos directos son de 14770,10 dólares.

3.8.4.2. Costos indirectos del sistema seleccionado

Tabla 3-78: Costos indirectos del sistema seleccionado

Costo ingenieril (10%)	1485,01
Imprevistos	0
Utilidad	0
Sub Total	1485,01

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024

3.8.4.3. Costo total del sistema seleccionado

Tabla 3-79: Costo total del sistema seleccionado

Costos directos	14850,1
Costos indirectos	1485,01
Total	16335,1

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

El costo total para la construcción del sistema es de 16335,10 dólares.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Selección de la alternativa más adecuada

De acuerdo con los datos obtenidos mediante simulaciones CFD, la alternativa más adecuada en eficiencia, costo y viabilidad para la construcción es el sistema de extracción 2, el cual consta de ductos cuadrados y campanas de acero galvanizado con juntas remachadas, cabe recalcar que no siempre se van a usar las 10 soldadoras a la vez, por ello se realizó un sistema de control independiente para cada estación con el fin de reducir el consumo energético al usar solo 1 o 2 soldadoras. 7

Se ha seleccionado equipos de extracción existentes en el país, el extractor HXB 400/H se encuentra disponible en stock en “Megafrió” en la ciudad de Quito mientras que el extractor HXT 630/H disponible en la sucursal de Megafrió en Ambato, los costos se evidencian en los anexos W y X donde se encuentra una proforma de los diversos extractores que se tomaron en cuenta en todos los análisis CFD.

Tabla 4-1: Eficiencias y costos de las 4 alternativas propuestas

Comparación de resultados de las alternativas presentadas			
Alterativa	Eficiencia tramo 1	Eficiencia tramo 2	Costo \$
Ductos y campanas 2 ramales	33 %	83 %	15782,90
Ductos y campanas 1 ramal	83 %	75 %	9054,20
Ductos flexibles	66%	66,67%	16264,50
Banco con rejillas y ductos	66 %	83 %	16335,10

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

4.1.1. Simulación CFD del sistema de extracción

Para la simulación se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Velocidad de captación [m/s]
- Caudal por extraer [m³/s]
- Presión de salida [Pa]
- Velocidad del extractor [rad/s]

Mediante la herramienta Flow Simulation de SolidWorks se realizó el refinamiento de la malla, hasta obtener elementos similares en todos los cuerpos, como se observa en la ilustración 4-1.

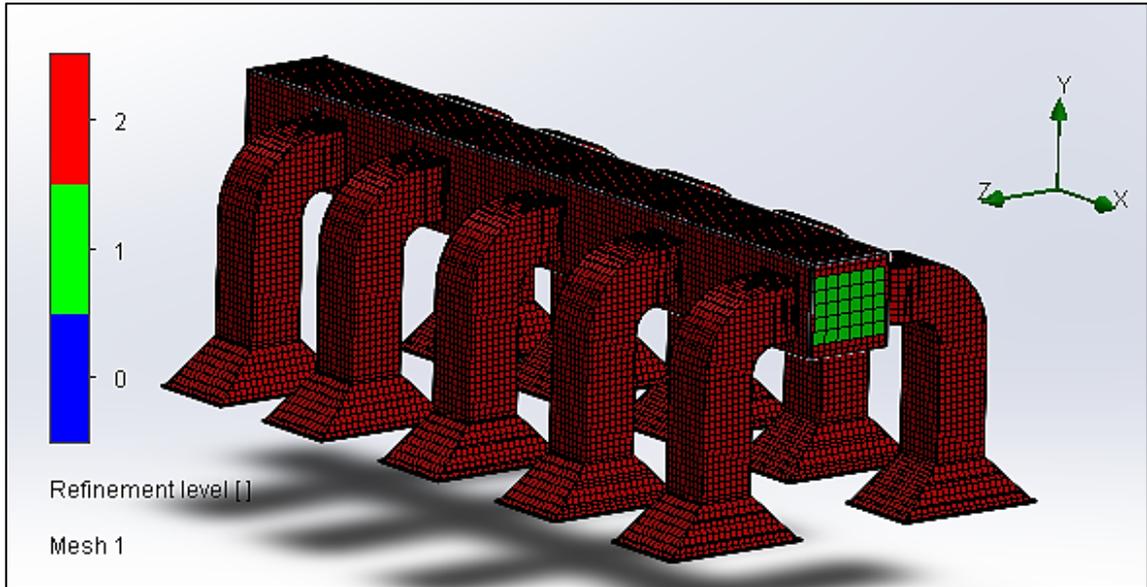


Ilustración 4-1: Mallado refinado del sistema de extracción

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

4.1.1.1. Análisis de velocidades

Con estos datos realizamos la simulación del sistema, observando la trayectoria del gas y verificando las velocidades tanto de captación como de conducción que estén dentro de los parámetros establecidos por el manual de Soler&Palau.

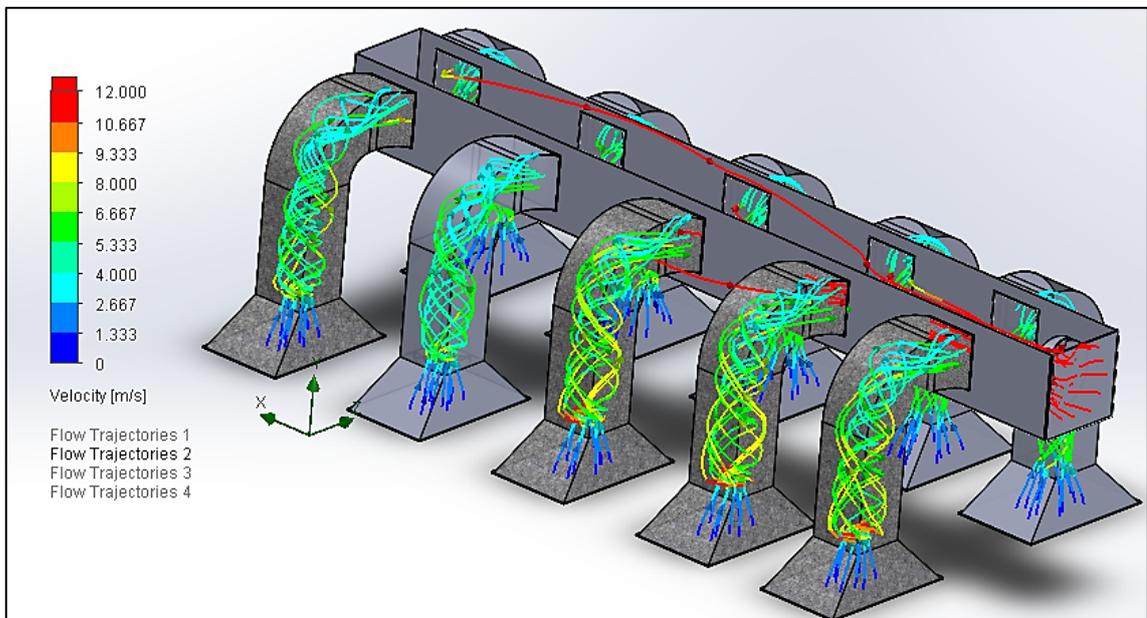


Ilustración 4-2: Análisis de velocidades

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

De acuerdo con los resultados tomados por SolidWorks se obtuvo lo siguiente:

- Tramo 1

Se obtiene una pérdida de velocidad de 0,006 m/s.

- Tramo 2

Se obtiene una pérdida de velocidad de 0,002 m/s.

4.1.1.2. Análisis de presiones

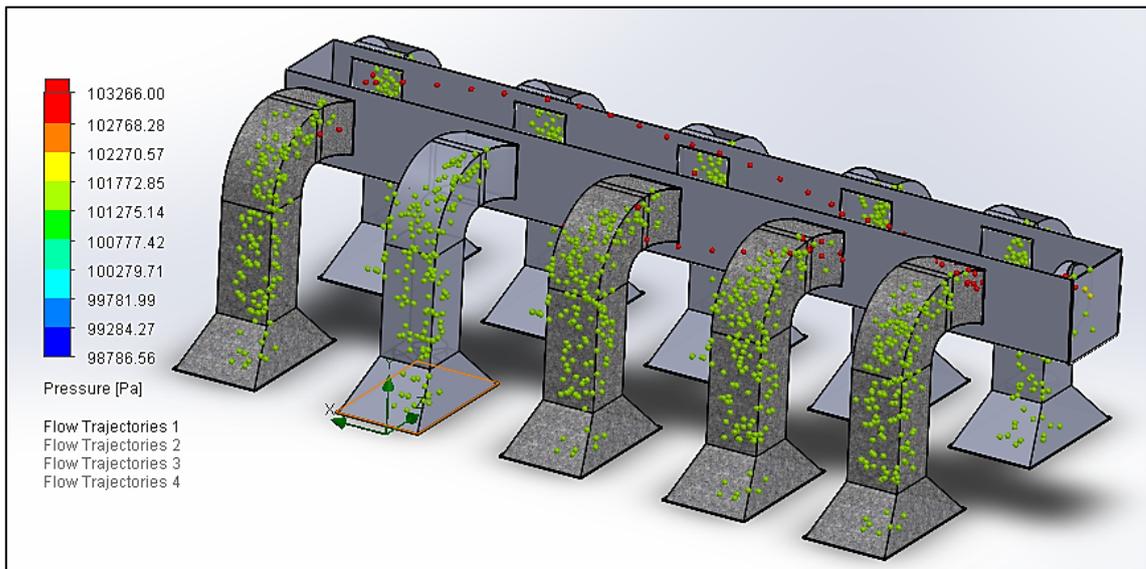


Ilustración 4-3: Análisis de presiones

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

De acuerdo con los resultados tomados por SolidWorks se obtuvo lo siguiente:

- Tramo 1

Se obtiene una pérdida de presión de 0,5 Pa.

- Tramo 2

Se obtiene una pérdida de presión de 0,09 Pa.

4.1.2. Modelado del sistema seleccionado

El modelado del sistema de extracción consta de ductos y campanas independientes en cada una de las estaciones y su funcionamiento es independiente con el fin de encender y hacer uso de los equipos en la estación que este soldando y evitar desperdiciar energía eléctrica, las dimensiones generales del sistema se observan a continuación:

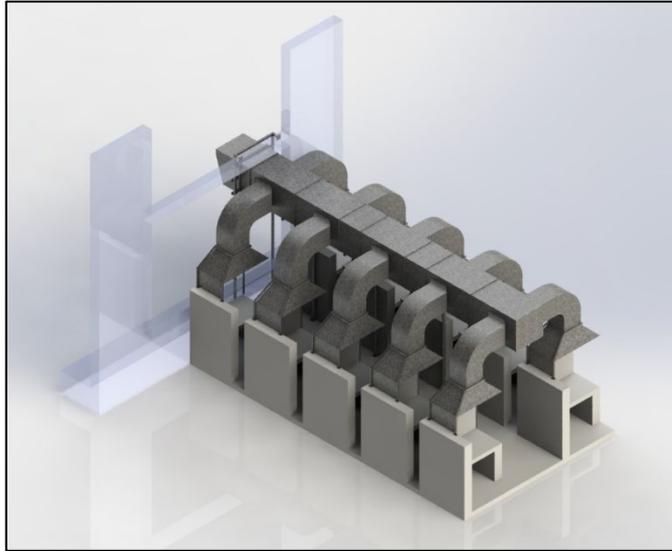


Ilustración 4-4: Modelado del sistema de extracción

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

4.1.3. *Análisis de costos.*

En el apartado 3.8 se tiene los costos de las cuatro alternativas propuestas para la selección del sistema de extracción más rentable, obtenida como resultado los siguientes precios:

Tabla 4-2: Costos de las alternativas

Costos	Sistema de campana con ductos circulares	Sistema de campana con ducto cuadrado	Sistema articulado con ducto circular	Sistema de rejillas con ducto circular
Directo	14348,1	8231,05	14785,90	14850,10
Indirecto	1434,81	823,105	1478,59	1485,01
Total	15782,90	9054,20	16264,50	16335,10

Realizado por: Panchi, D., Tamami, F., 2024.

De acuerdo con la Tabla 4-2, se tiene que la solución más económica para la selección del sistema de extracción de gases es la alternativa numero dos con un precio de 9054,20 dólares y consta de una configuración de campanas con ductos cuadrados fabricados en acero galvanizado. Con esto se tiene un criterio más para la selección de esta opción.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Mediante un análisis de gases usando el testo 340 se determinó que el nivel de CO está muy por encima de los permisibles establecidos en la ACGIH y el manual de Electroodos INFRA donde el umbral permitido es 5000 ppm, mientras que en las mediciones realizadas se obtuvo un valor de 7109 ppm.

El dimensionamiento de ductos y campanas se lo realizó con el cálculo de parámetros requeridos por el manual de ventilación como las dimensiones de la mesa de trabajo que es de 0,7 m x 1,2 m y la altura a la cual se ubicará la campana que es de 1,2 m para evitar que el soldador tenga un choque entre la cabeza y la campana.

Se seleccionó la configuración cuadrada en los ductos por su facilidad de construcción, unión entre las planchas y su costo, debido a que con 4 dobleces se obtiene un ducto usando remaches en las juntas, mientras que en los redondos es muy costoso la operación de barolado para obtener la sección requerida.

Mediante la simulación CFD de SolidWorks se obtuvo valores de velocidad en la entrada de la campana entre 0.6 y 1 m/s, mientras que en los ductos ésta oscila entre 10 y 12,5 m/s, valores que están dentro de los parámetros que se encuentran en el manual de ventilación de Soler&Palau.

Se realizó el diseño del sistema eléctrico tanto el diagrama de fuerza como el diagrama de mando en CADeSIMU debido a que en este software se puede apreciar el funcionamiento de los equipos con todos sus componentes y su correcta distribución en las estaciones.

5.2. Recomendaciones

Profundizar más en cuanto a la simulación CFD usando turbomáquinas, debido a que, hay una variedad de extractores con un ángulo de inclinación variable en cada serie.

Para la construcción se recomienda colocar una capa de silicón en cada junta para sellarla completamente y evitar fugas.

Para tener una mejor eficiencia del sistema y reducir las dimensiones de los ductos se puede colocar otra pantalla adicional en la parte derecha de la mesa de trabajo.

Revisar los anexos para verificar si están en stock tanto en Quito como en Ambato de la empresa “Megafrió” los extractores requeridos en caso de realizar un rediseño en el sistema.

Colocar un filtro al final del ducto principal con el fin de dar tratamiento a los gases extraídos del taller y evitar un daño al medio ambiente.

Para una construcción total del sistema, primero realizar la manufactura de un prototipo con una sola campana y verificar el funcionamiento.

Las actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo las debe ejecutar personal capacitado para evitar accidentes y mejorar el funcionamiento del sistema.

Analizar el comportamiento del variador de frecuencia para el funcionamiento según las condiciones de trabajo y no mantener las revoluciones por minuto en un valor constante, con el fin de reducir costos en electricidad.

Optar por un sistema de iluminación independiente para las estaciones de trabajo con el fin de evitar molestias y deficiencias en el trabajo de los estudiantes y docentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACGIH**, *Ventilación Industrial*. Organización científica benéfica que promueve la salud ocupacional y ambiental. 1998. Disponible en: <https://www.acgih.org/ventilation/>
2. **AMERICAN WELDING SOCIETY**. *Procesos de soldadura*, AWS A5.1. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/447467381/Especificaciones-AWS-A5-1-y-5-5>. 2020.
3. **ARRIAGA, Leobardo & ZARATE, Gabriel**. *Procesos de soldadura*. Disponible en: <https://www.soldadorasmillermexico.net/inicio/cuales-son-los-procesos-desoldadura/2010>.
4. **CASTEJÓN, Emilio & SOTORRA, Jorge**. *Soldadura*. NTP 7: Prevención de Riesgos Higiénicos, 1982. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/195574/NTP+7+Soldadura.+Preveni%C3%B3n+de+Riesgos+Higi%C3%A9nicos.pdf/80b4a6de-b255-4526-9424-cafcc8b9bf88>
5. **CENTRO TECNOLÓGICO DEL GRANITO**. *Extracción localizada*. [en línea]. [consulta: 6 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.piedra.online/centro-tecnologico-del-granito/silice-cristalina-respirable/buenas-practicas/extraccion-localizada>. 2023.
6. **CHIMBO, Lorena & CABEZAS, Rafael**. Diseño de un sistema de extracción localizada de gases y polvos del proceso de reconstrucción mecánica de turbinas hidráulicas y su manejo para el control de impacto ambiental» (HIDROAGOYAN) (Trabajo de titulación) (Pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador. 2012.
7. **CODINTER**, Sistema de extracción de humos de soldadura, ¿cuál es mejor? - Codinter en español. [en línea]. [consulta: 16 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.codinter.com/es/sistema-de-extraccion-de-humos-de-soldadura-cual-es-mejor/>.
8. **CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN Y EMPLEO**. *Guía de prevención de riesgos en trabajos de soldadura*. Guía de prevención de riesgos en trabajos de soldadura. S.l.: 2020.
9. **PINO DEL, José**. NTP 495: Soldadura oxiacetilénica y oxicorte: normas de seguridad. 1998.
10. **DELGADO, Alonso**. Diseño de un sistema de extracción y tratamiento de gases en un ambiente de forja y soldadura. Lima- Peru. 2016.
11. **FAOLEX**. *Norma de Calidad del Aire Ambiente*. [en línea], [consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf>.
12. **FLORES, Carlos**. *Soldadura al arco eléctrico SMAW*. 2019. [en línea], [consulta: 30 octubre 2023]. Disponible en: <http://www.drweld.com/smaw.html>.
13. **INFRA**. *Datos de Seguridad*. Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional. 2017.
14. **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**. *Procesos de Soldadura*. [en línea], [consulta: 5 septiembre 2023]. 2020. Disponible en:

<https://www.ipn.mx/assets/files/cecyt4/docs/estudiantes/aulas/guias/cuarto/vespertino/procesos/procesos-de-soldadura.pdf>.

15. **MARIN, Andrés.** *Proceso SMAW [Soldadura y Estructuras]*. [en línea]. [consulta: 30 octubre 2023]. 2016. Disponible en: http://soldadurayestructuras.com/2184409_Procesos-de-soldadura-y-corte.html.
16. **METAL BLOWER.** Selección de ventiladores 1000 metal blower. S.l.: 2012.
17. **MOLERA, Pere.** *Soldadura industrial: clases y aplicaciones*. Soldadura industrial: clases y aplicaciones. 2009. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uteq/101862>
18. **MOTT, Robert; et. al.** *Mecánica de fluidos*. S.l.: Pearson. ISBN 9786073232883. 2015.
19. **MUÑOZ, Rodrigo.** *Soldadura oxiacetilénica* [en línea]. S.l.: El Cid Editor. 2007. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/34461>.
20. **PACHECO, Guilevaldo.** *Procesos en soldadura*. Enseñanzas con el taller de soldadura, 2015.
21. **REDOLA, Albert.** Caracterización de sistemas de extracción localizada de aire mediante mapas de iso-velocidad generados mediante técnicas CFD. S.l.: 2015.
22. **SERNA, Jesús.** *Ventiladores centrifugos*. Ventiladores centrifugos. 2011
23. **SOLÁ, Xavier & COBO, Carlos.** *Ventilation par aspiration á la source au laboratoire Local exhaust in the laboratory Redactores.*, Ventilation par aspiration á la source au laboratoire Local exhaust in the laboratory Redactores. 2012.
24. **SOLER, Eduard & PALAU, Josep.** *Sistemas de Ventilación* [en línea]. 2012. S.l.: s.n. Disponible en: www.solerpalau.es.
25. **SOLER, Eduard & PALAU, Josep.** *S&P EasyVent*. [en línea]. [consulta: 27 enero 2024]. Disponible en: <https://easyvent.solerpalau.com/fan-info/4/SP1504910SCO575V0>.
26. **TECNOLOGÍAS EN SOLDADURA.** *Cómo se realiza la soldadura de arco SMAW*. [en línea]. [consulta: 30 octubre 2023]. Disponible en: <https://tecnologiasensoldadura.com.mx/como-se-realiza-la-soldadura-de-arco-smaw/>.
27. **VALENCIA, Carlos.** Extractor Humos en el proceso de Soldadura. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 2018. [en línea]. Disponible en: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/31617/7/ValenciaCarlos_2022_ExtractorHumosSoldadura.pdf.

ANEXOS

ANEXO A: MEDICIÓN DE AGENTES TÓXICOS ANTES DE SOLDAR



Realizado por: Panchi, D., Tamami F., 2024

ANEXO B: MEDICIONES USANDO E - 6013



Realizado por: Panchi, D., Tamami F., 2024

ANEXO C: MEDICIONES USANDO E – 6011



Realizado por: Panchi, D., Tamami F., 2024

ANEXO D: MEDICIONES USANDO E – 7018



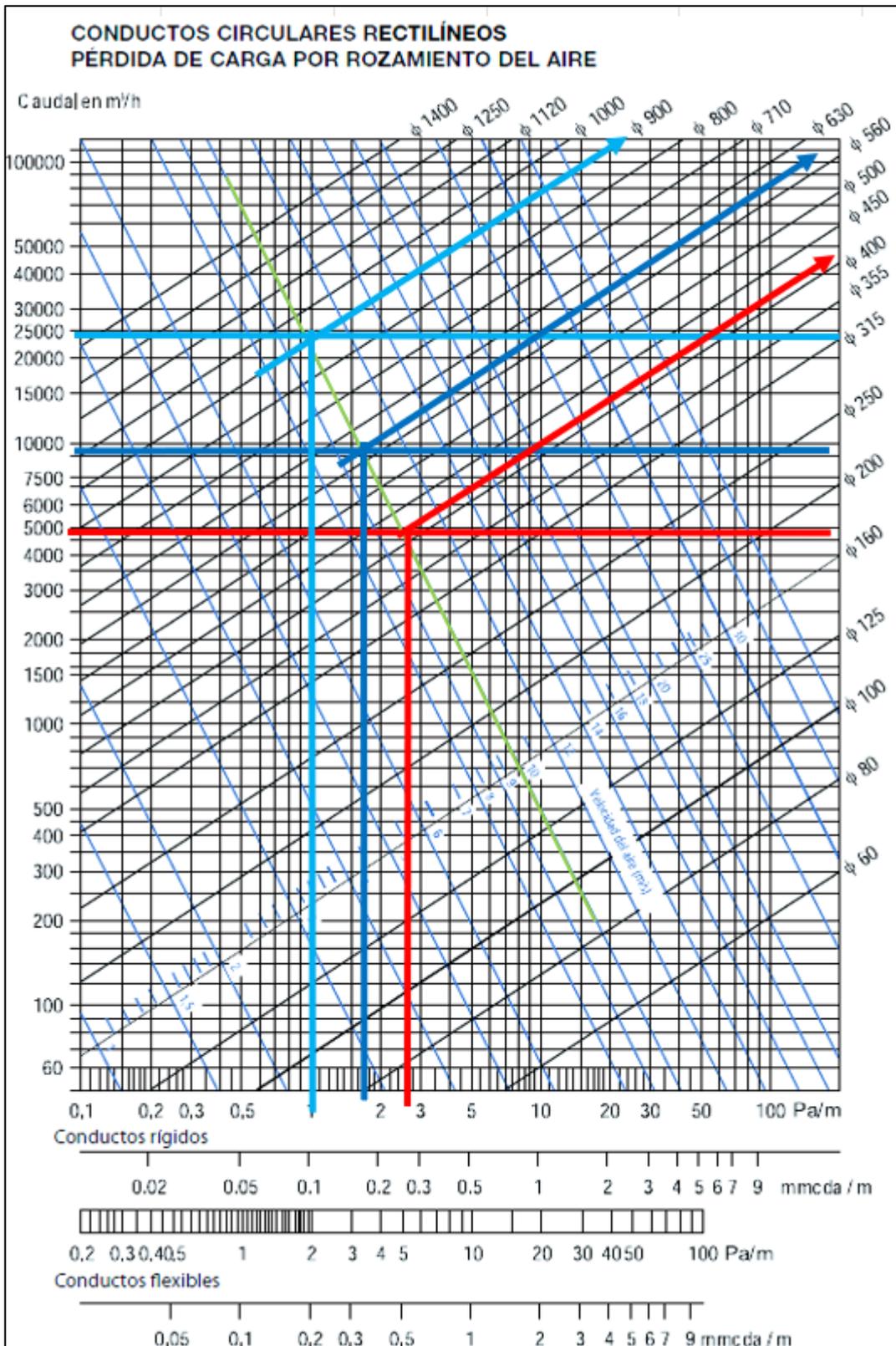
Realizado por: Panchi, D., Tamami F., 2024

ANEXO E: CONCENTRACIÓN DE GASES TÓXICOS DESPUÉS DE SOLDAR

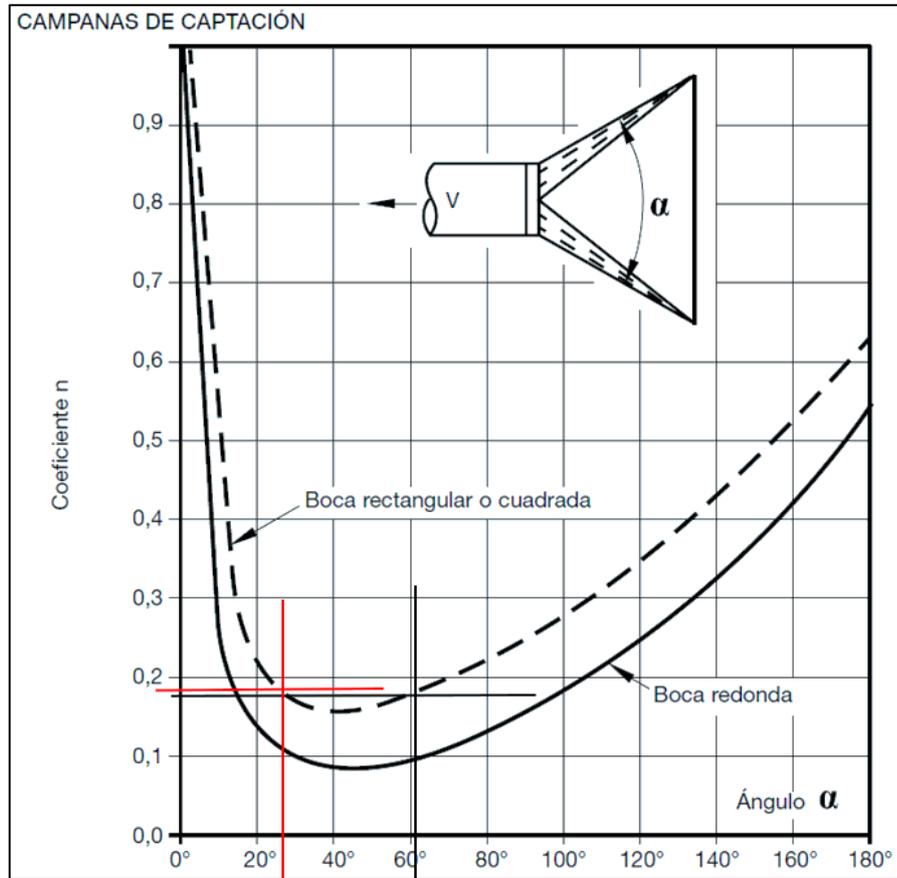


Realizado por: Panchi, D., Tamami F., 2024

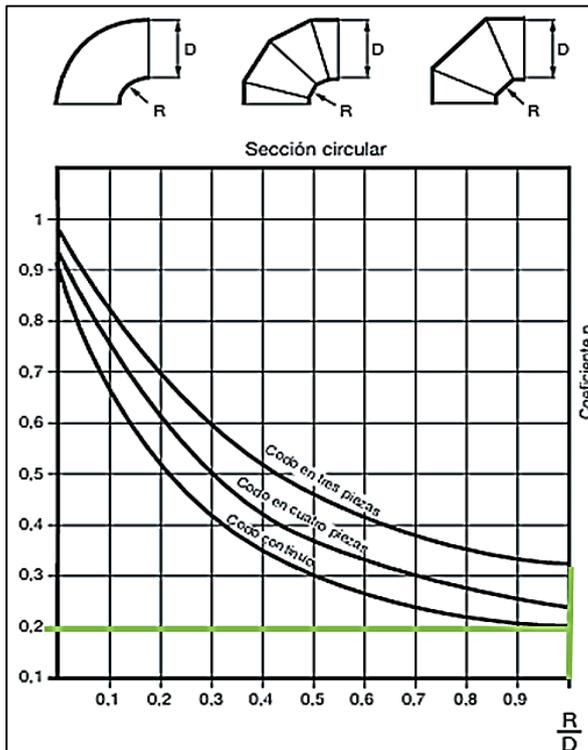
ANEXO F: PÉRDIDA DE CARGA Y DIÁMETRO PARA DUCTOS RECTOS CIRCULARES



ANEXO G: COEFICIENTE "N" DE PÉRDIDAS EN CAMPANAS DE CAPTACIÓN

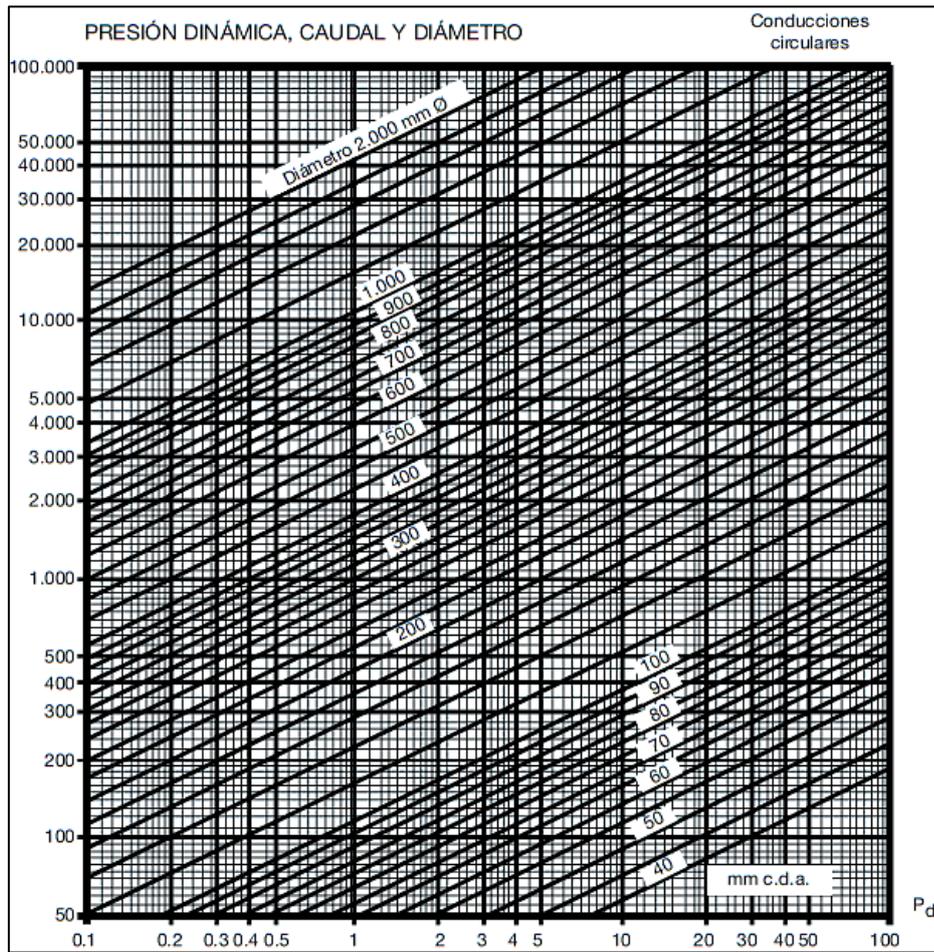


ANEXO H: COEFICIENTE "N" PARA CODOS CIRCULARES

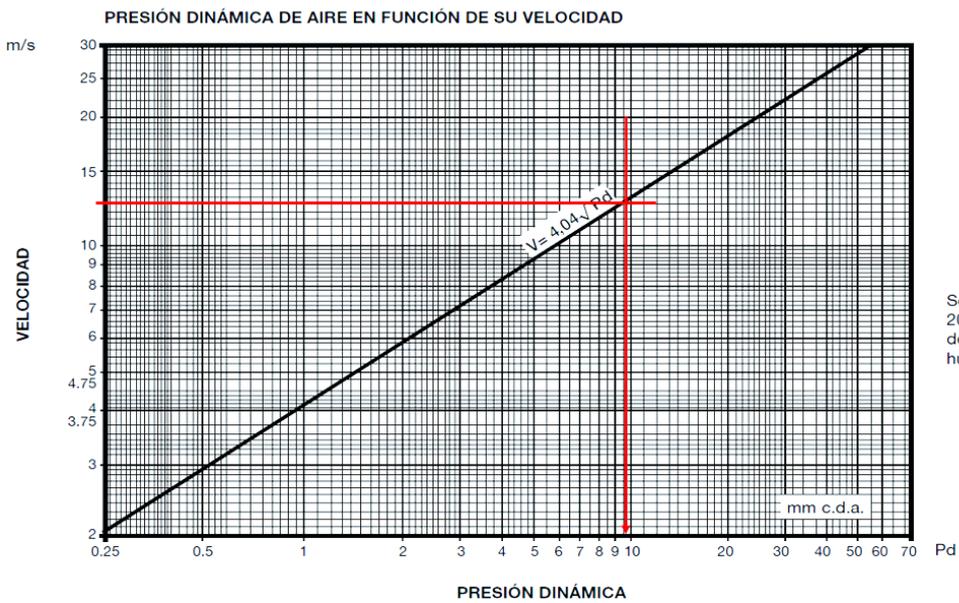


FACTORES DE PÉRDIDA			
CODOS DE 90°		UNIONES	
R/D	Factor	ángulo	Factor
0,0		15°	0,09
a escuadra	1,25	30°	0,18
1,5	0,39	45°	0,28
2,0	0,27	60°	0,44
2,5	0,22	90°	1,00
codos de 60° = 2/3 pérdida			
codos de 30° = 1/3 pérdida			

ANEXO I: CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA



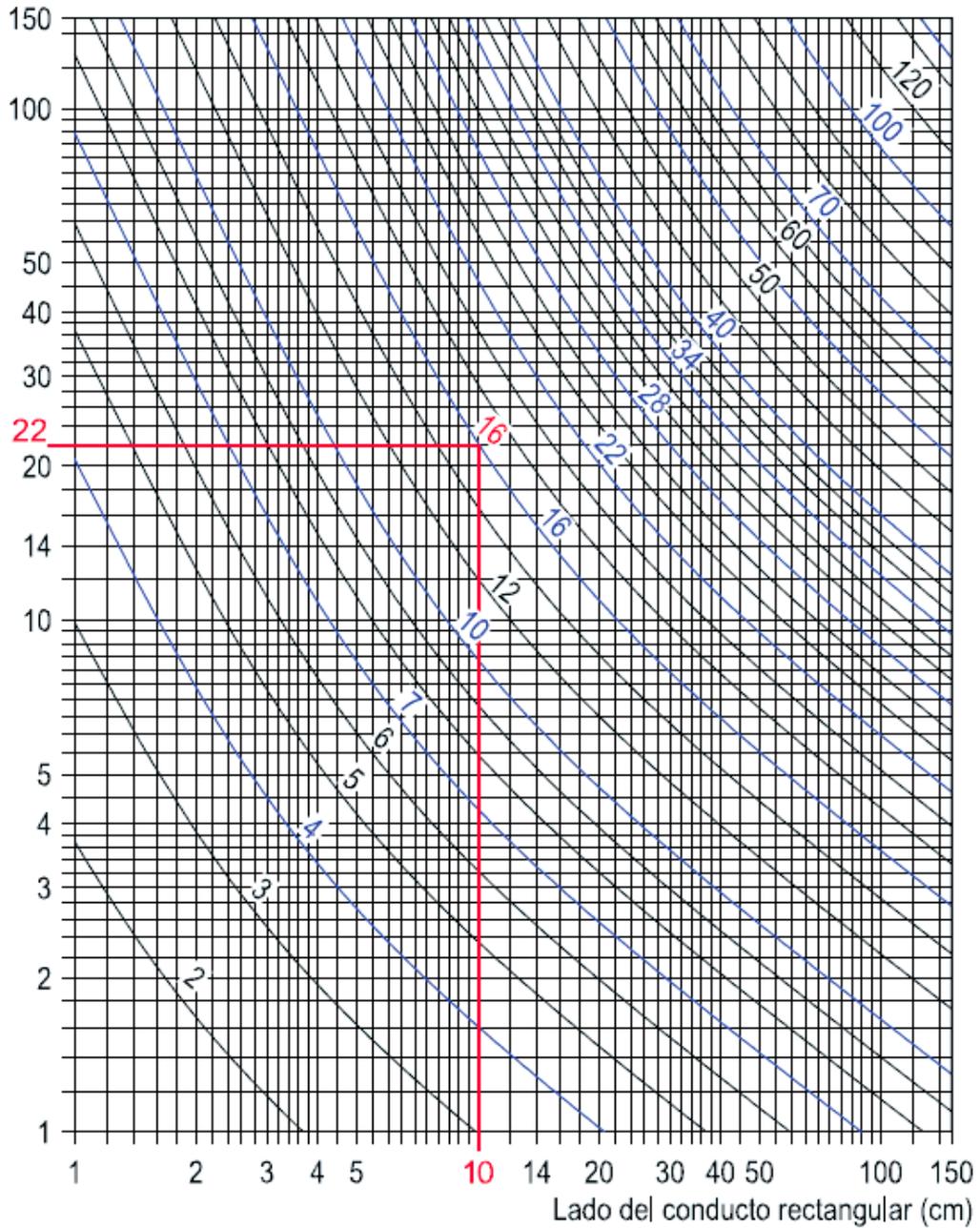
ANEXO J: PRESIÓN DINÁMICA



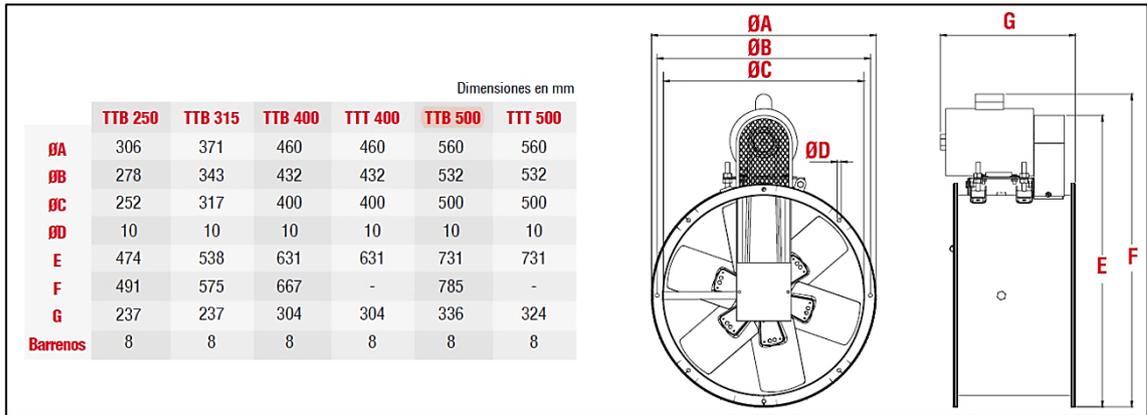
ANEXO K: DIÁMETRO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTO RECTANGULAR

**DIÁMETRO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTO RECTANGULAR
CON IGUAL PÉRDIDA DE CARGA**

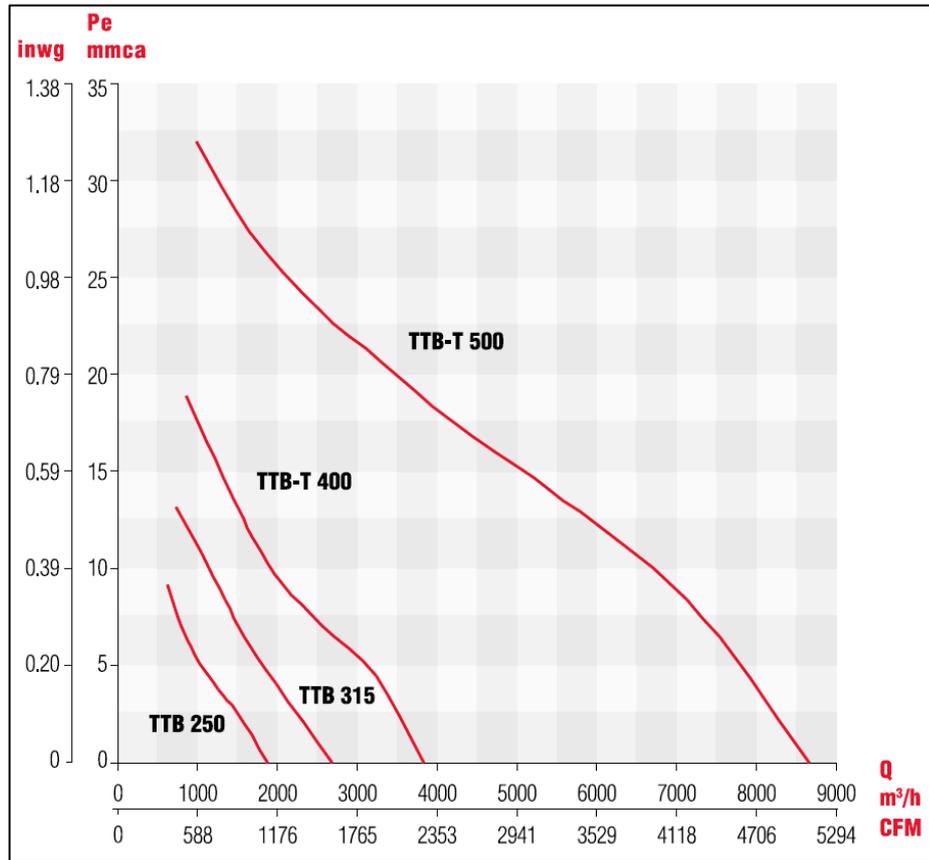
Lado del conducto rectangular (cm)



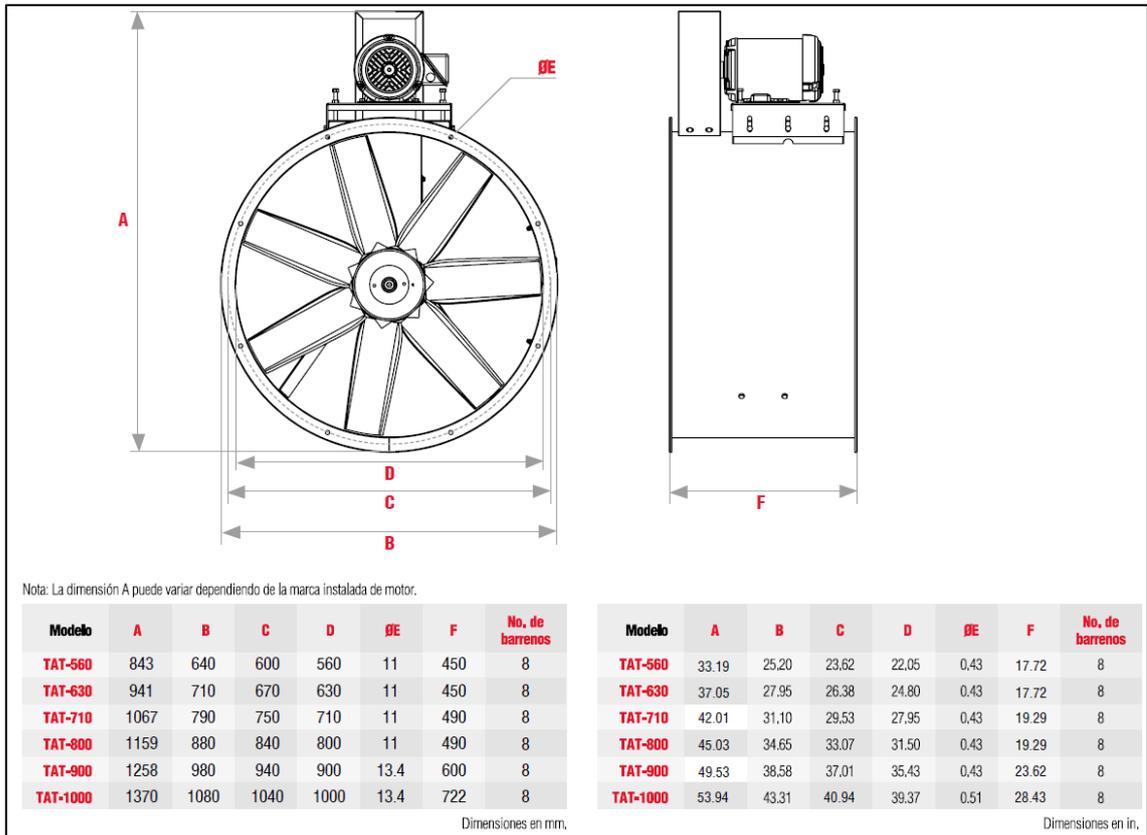
ANEXO L: DIMENSIONES TTB-500



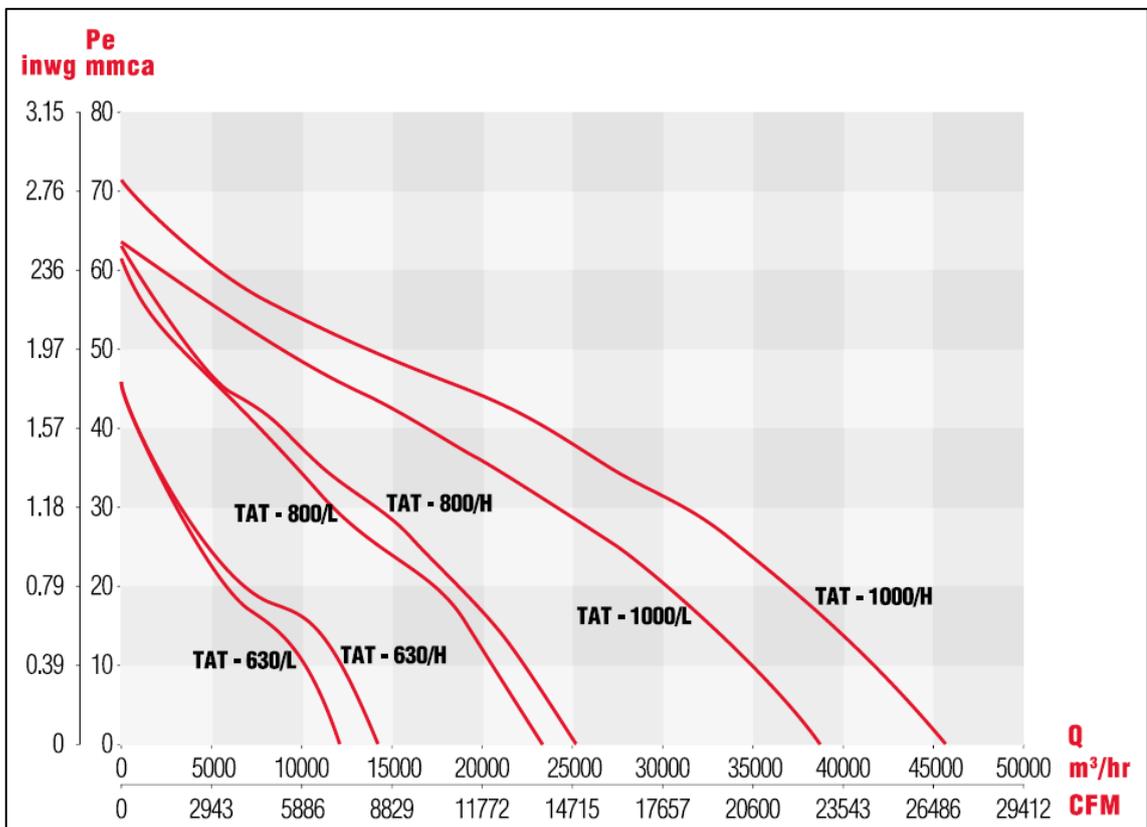
ANEXO M: CURVA CARACTERÍSTICA TTB-500



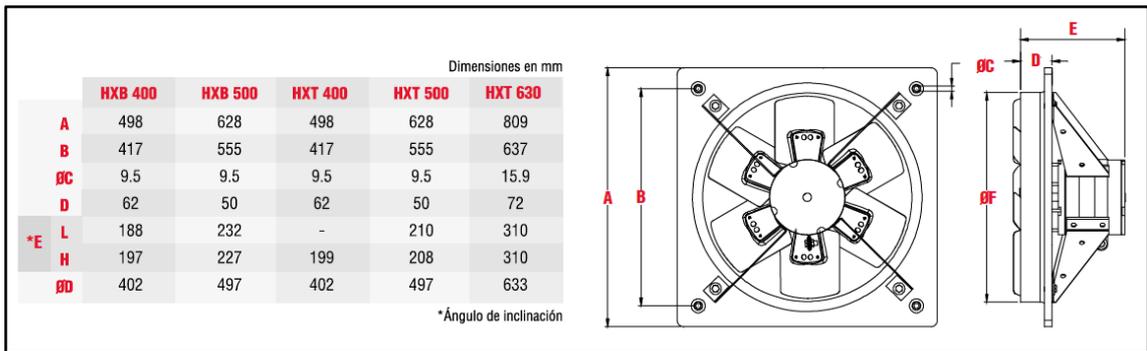
ANEXO N: DIMENSIONES TAT-1000/H



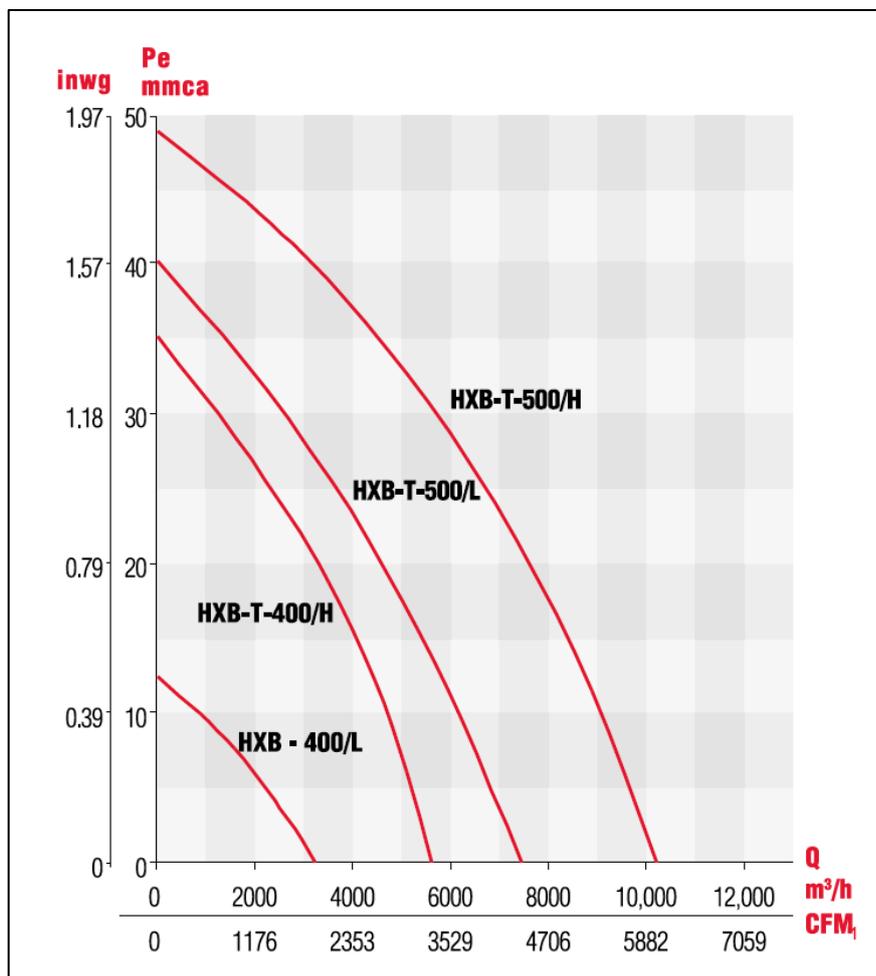
ANEXO O: CURVA CARACTERÍSTICA TAT-1000/H



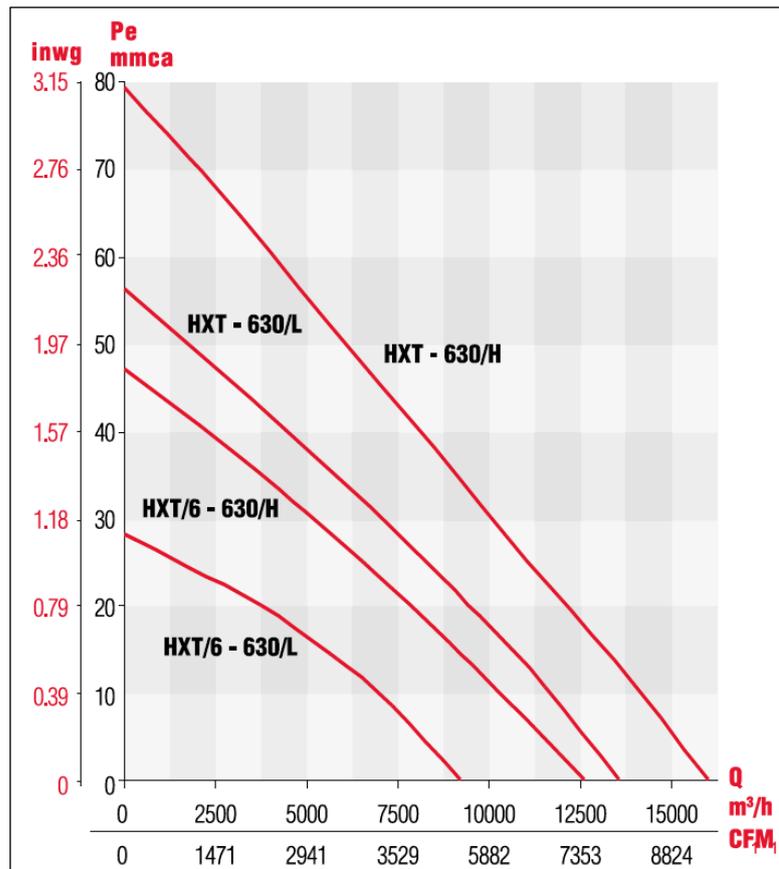
ANEXO P: DIMENSIONES DEL EXTRACTOR HXB -400/H Y HXT -630/H



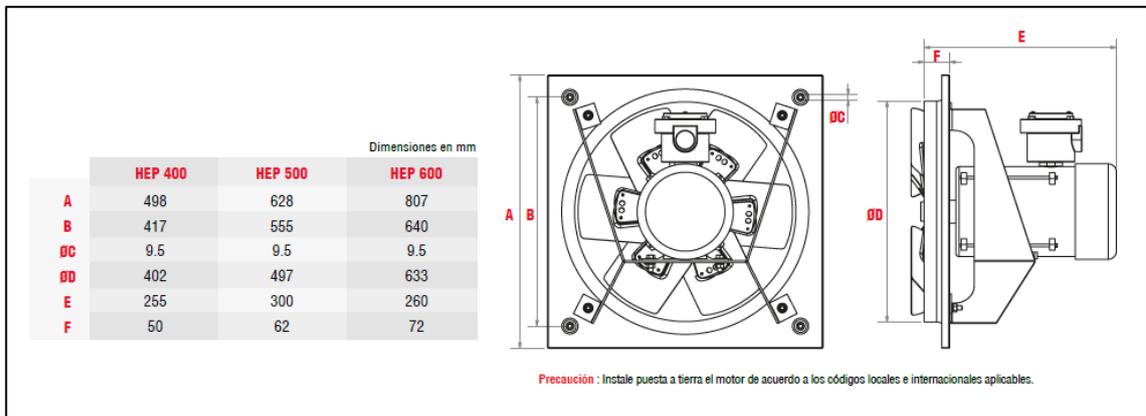
ANEXO Q: CURVA CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO HXB T 400/H



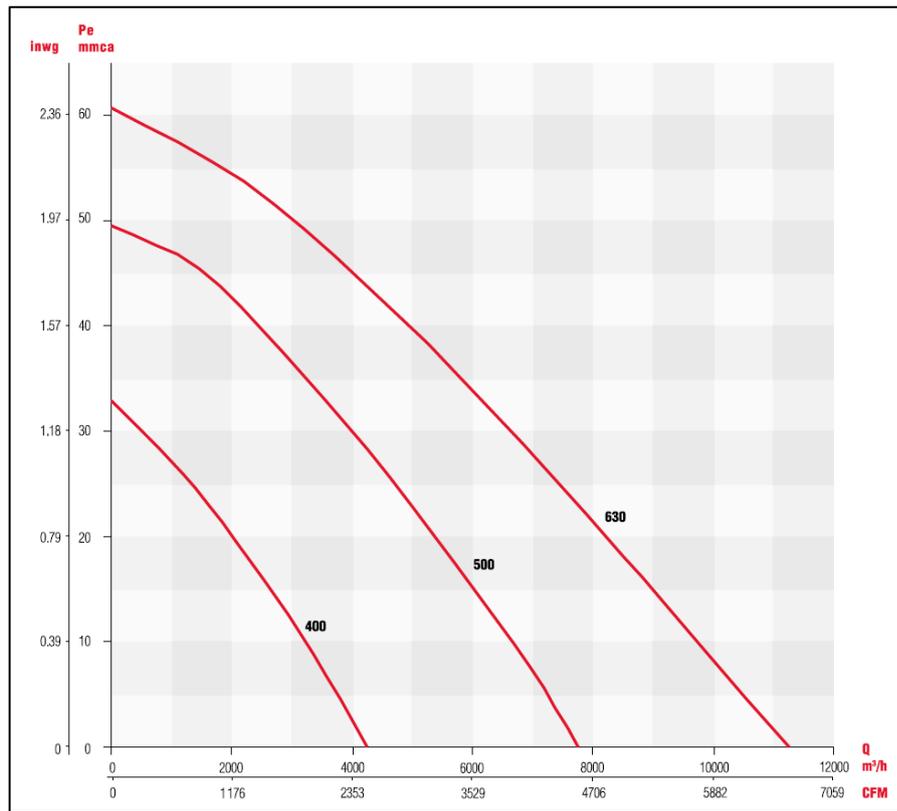
ANEXO R: CURVA CARACTERÍSTICA EXTRACTOR HXT 630/H



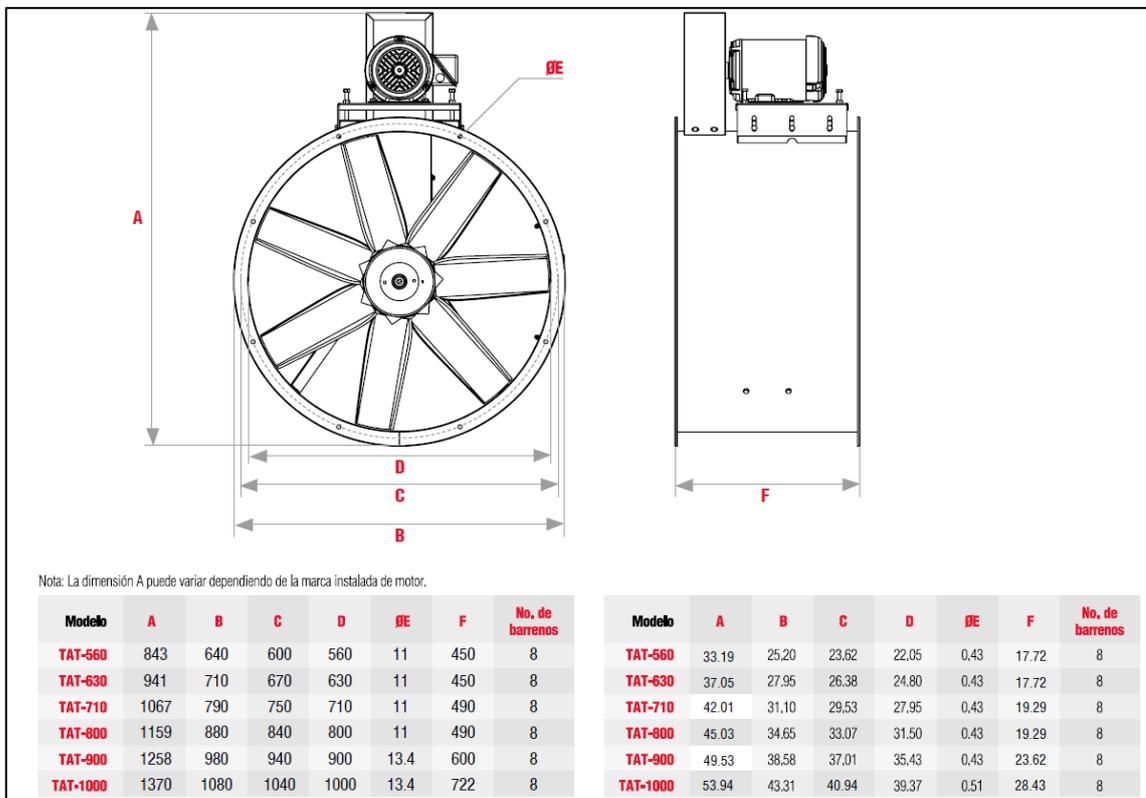
ANEXO S: DIMENSIONES DEL EXTRACTOR HEP 400



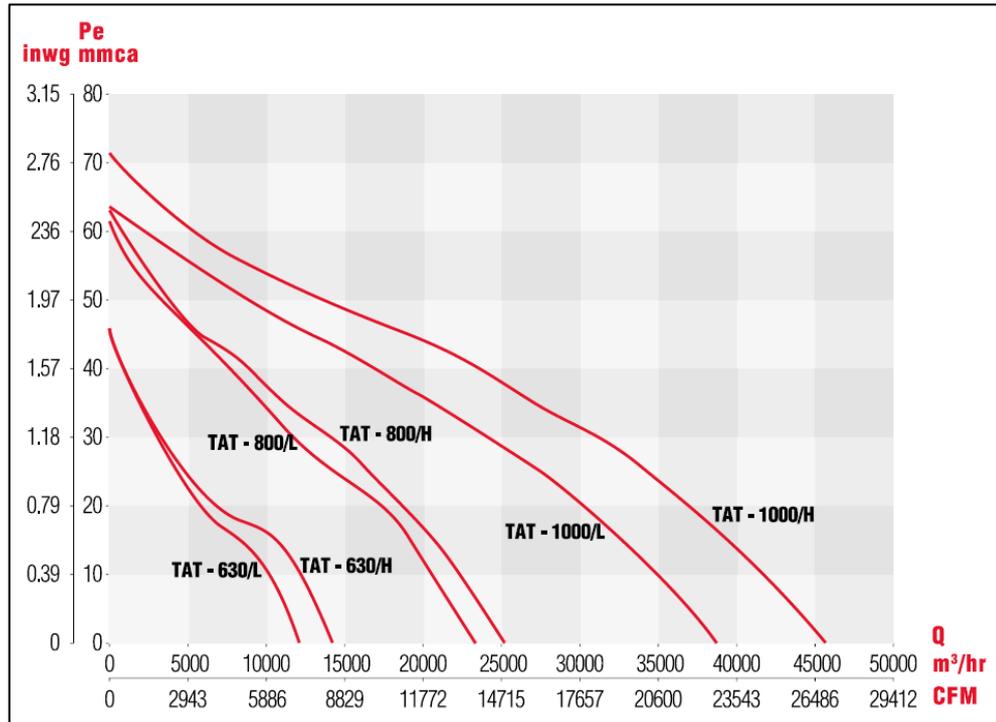
ANEXO T: CURVA CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO HEP 400



ANEXO U: DIMENSIONES DEL EQUIPO TAT 800/H



ANEXO V: CURVA CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO TAT 800/H



ANEXO W: PROFORMA MEGAFRÍO QUITO



MEGAFRÍO SA
RUC: 1791408381001
Cont. Esp. 00636

CLIENTE: C000001 CONSUMIDOR FINAL
CONTACTO: Tel: Email: facturacion@megafriosa.com
CI - RUC: 99999999999999
DIRECCIÓN: AV. 10 AGOSTO N39-235 Y AV. AMÉRICA CC LA Y
FECHA: 19/2/2024

PROFORMA N°
3016862



UIQ: SUR Av. Rodrigo de Chávez 424 y Pedro de Alfaro



PBX: (02) 5004 600

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN /// MARCA /// MODELO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	DESCUENTO	VALOR TOTAL
020201012	EXT. AXIAL DIRECTO 1/4HP 3206CFM 110V /// SOLER&PALAU /// HXB-400/H	1,00	\$ 398,00	\$ 119,40	\$ 278,60
020203003	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 1/2HP 2269 CFM 110V/220V /// SOLER&PALAU /// TTB-400	1,00	\$ 645,00	\$ 193,50	\$ 451,50
020203007	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 2HP 11855 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// TAT-800L	1,00	\$ 1985,00	\$ 595,50	\$ 1389,50
020203009	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 5HP 17954 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// TAT-800H	1,00	\$ 2235,00	\$ 670,50	\$ 1564,50
020203008	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 1HP 7130 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// TAT-630L	1,00	\$ 1985,00	\$ 595,50	\$ 1389,50

CONDICIONES DE LA OFERTA:

Validez de la oferta:

Forma de pago: contado / convenir.

Entrega: inmediata según stock.

Productos de importación:

de 4 a 12 semanas según el producto

TRABAJAMOS CON: Piso a Piso

Todas las TC 3/6 meses sin interés y 24 con interés

* Aplican ciertas restricciones.

* Precios pueden variar sin previo aviso

SUR - William Vallejo
Celular: 0980357524
ventass2@megafriosa.com

SUBTOTAL:	\$ 7248,00
DESCUENTO:	\$ 2174,40
SUBTOTAL ARTICULOS:	\$ 5073,60
SERVICIO LOGISTICA:	\$ 0,00
SERVICIO INSTALACION:	\$ 0,00
SERVICIO PERFILERIA:	\$ 0,00
ELAB. CAJA VENTILADOR:	\$ 0,00
SUBTOTAL:	\$ 5073,60
IVA 12%:	\$ 608,83
VALOR TOTAL:	\$ 5682,43

ANEXO X: PROFORMA DE LA EMPRESA MEGAFRÍO DE AMBATO



MEGAFRÍO
CORPORACIÓN
Especialistas en HVRC&R

MEGAFRÍO SA
RUC: 1791408381001
Cont. Esp. 00636

CLIENTE: L002811 TAMAMI FRANCISCO
CONTACTO: Tel: Email:
CI - RUC: 999999999999
DIRECCIÓN:
FECHA: 16/2/2024

PROFORMA N°
5910

AMBATO: Km 2 1/2 Huachi Chico, Av. Julio Jaramillo s/n y Av. los Chasquis - PBX: (02) 5004 600

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN /// MARCA /// MODELO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	DESCUENTO	VALOR TOTAL
020201024	EXT. AXIAL ANTI-EXPLOSION 1/2HP 4588CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// HEP-500	1,00	\$ 997,00	\$ 199,40	\$ 797,60
020201025	EXT. AXIAL ANTI-EXPLOSION 1/4HP 2488CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// HEP 400	1,00	\$ 910,00	\$ 182,00	\$ 728,00
020201013	EXT. AXIAL DIRECTO 1/8HP 1876 CFM 110V /// SOLER&PALAU /// HXB-400/L	1,00	\$ 325,00	\$ 65,00	\$ 260,00
020201017	EXT. AXIAL DIRECTO 1.5HP 9371 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// HXT-630/H	1,00	\$ 917,00	\$ 183,40	\$ 733,60
020201017	EXT. AXIAL DIRECTO 1.5HP 9371 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// HXT-630/H	1,00	\$ 917,00	\$ 183,40	\$ 733,60
020201018	EXT. AXIAL DIRECTO 1HP 7941 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// HXT-630/L	1,00	\$ 823,00	\$ 164,60	\$ 658,40
020201017	EXT. AXIAL DIRECTO 1.5HP 9371 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// HXT-630/H	1,00	\$ 917,00	\$ 183,40	\$ 733,60
020203004	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 3/4HP 5125 CFM 110V/220V /// SOLER&PALAU /// TTB-500	1,00	\$ 940,00	\$ 188,00	\$ 752,00
020203006	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 3/4HP 5125 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// TTT-500	1,00	\$ 1005,00	\$ 201,00	\$ 804,00
020203008	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 1HP 7130 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// TAT-630/L	1,00	\$ 1985,00	\$ 397,00	\$ 1588,00
020203009	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 5HP 17954 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// TAT-800/H	1,00	\$ 2235,00	\$ 447,00	\$ 1788,00
020203015	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 7.5HP 31526 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// TAT-1000/H	1,00	\$ 1553,00	\$ 310,60	\$ 1242,40
020203006	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 3/4HP 5125 CFM 220V/440V-3 /// SOLER&PALAU /// TTT-500	1,00	\$ 1005,00	\$ 201,00	\$ 804,00

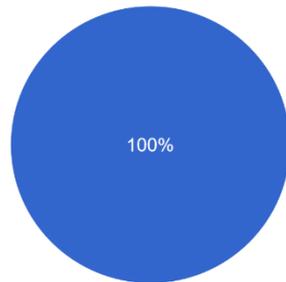
CONDICIONES DE LA OFERTA:
 Validez de la oferta:
 Forma de pago: contado / convenir.
 Entrega: inmediata según stock.
 Productos de importación:
 de 4 a 12 semanas según el producto
TRABAJAMOS CON:  PlacetoPay
 Todas las TC 3/6 meses sin interés y 24 con interés
 * Aplican ciertas restricciones.
 * Precios pueden variar sin previo aviso

SUBTOTAL:	\$ 14529,00
DESCUENTO:	\$ 2905,80
SUBTOTAL ARTICULOS:	\$ 11623,20
SERVICIO LOGISTICA:	\$ 0,00
SERVICIO INSTALACION:	\$ 0,00
SERVICIO PERFILERIA:	\$ 0,00
ELAB. CAJA VENTILADOR:	\$ 0,00
SUBTOTAL:	\$ 11623,20
IVA 12%:	\$ 1394,78
VALOR TOTAL:	\$ 13017,98

AMB - Elizabeth Sanchez
 Celular: 0987369604
 megaambato@megafriosa.com

ANEXO Y: RESPUESTAS DE LA ENCUESTA

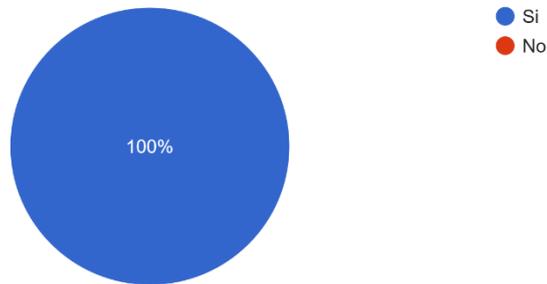
¿Considera que es necesario instalar un sistema de extracción de gases de soldadura en el taller?
 21 respuestas



- Si
- No

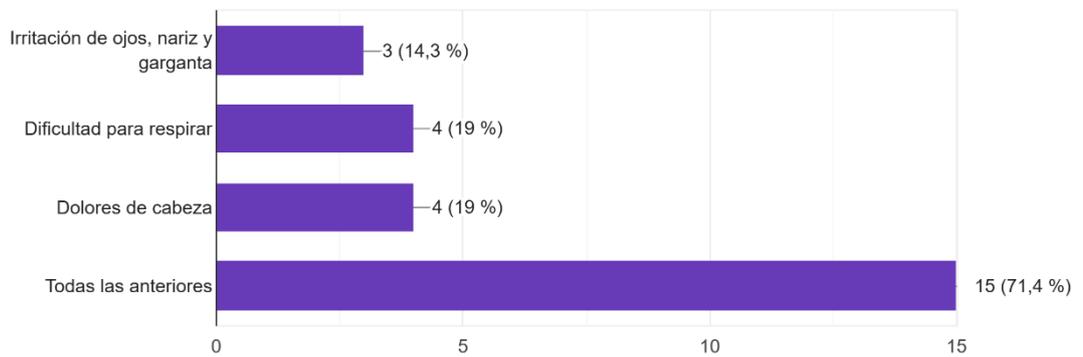
¿Cree que la acumulación de gases de soldadura puede causar problemas de salud?

21 respuestas



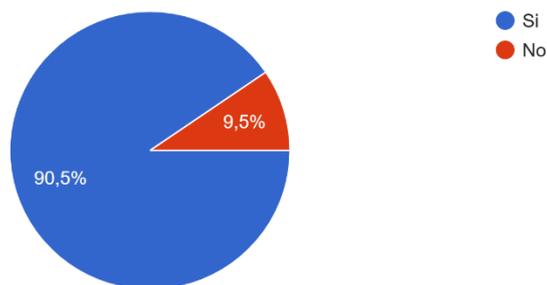
¿Cuáles son las principales molestias que le causa la acumulación de gases de soldadura?

21 respuestas



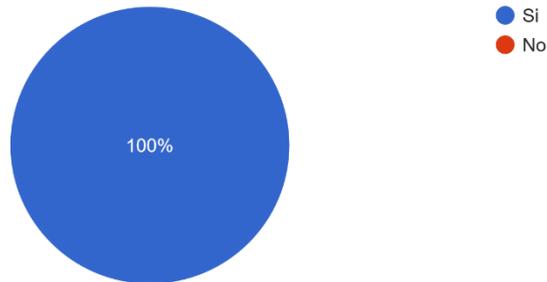
¿Considera que la acumulación de gases de soldadura puede afectar la calidad de los trabajos de soldadura?

21 respuestas



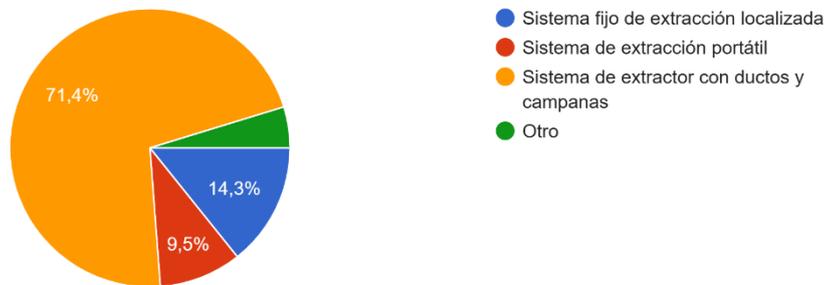
¿Cree que la implementación de un sistema de extracción de gases de soldadura mejoraría la seguridad y salud de los trabajadores del taller?

21 respuestas



¿Qué tipo de sistema de extracción de gases de soldadura le gustaría que se instalara en el taller?

21 respuestas



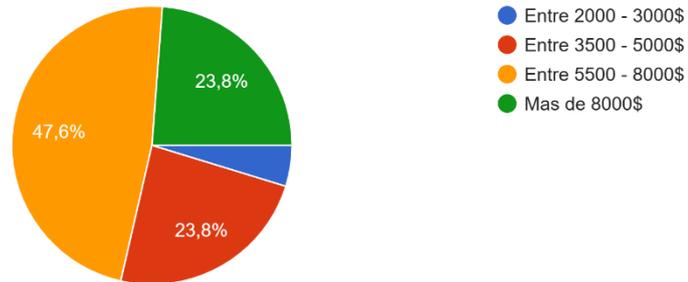
¿Qué características cree que son importantes en un sistema de extracción de gases de soldadura?

21 respuestas



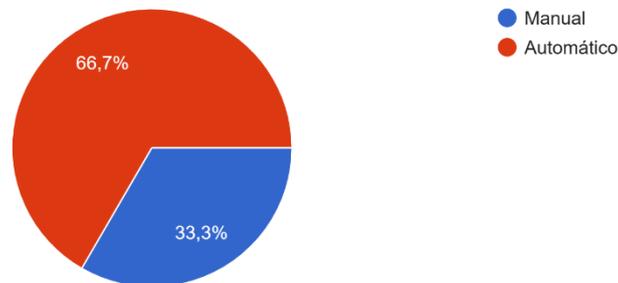
¿Cuál es el presupuesto máximo que estaría dispuesto a pagar por un sistema de extracción de gases de soldadura?

21 respuestas



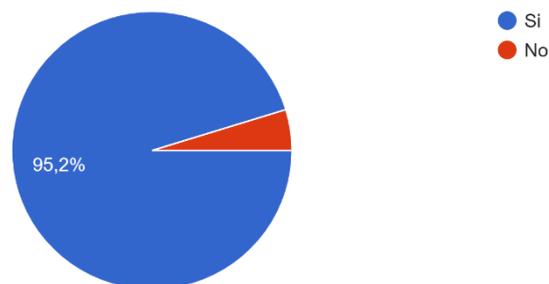
¿Qué tipo de accionamiento sería el adecuado para el sistema de extracción?

21 respuestas

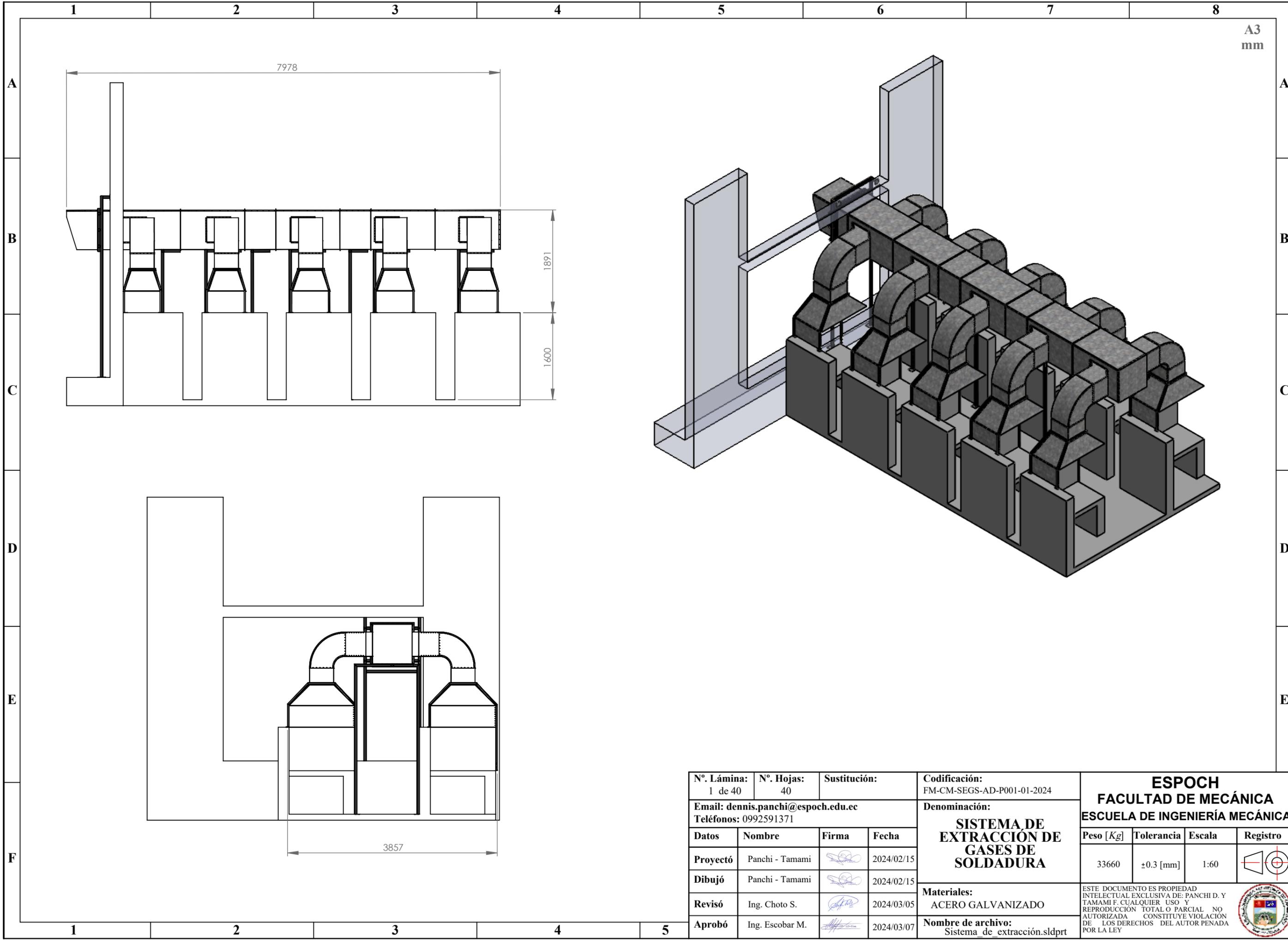


¿Cree usted que el nivel de ruido es un factor importante a tomar en cuenta para la construcción de este sistema?

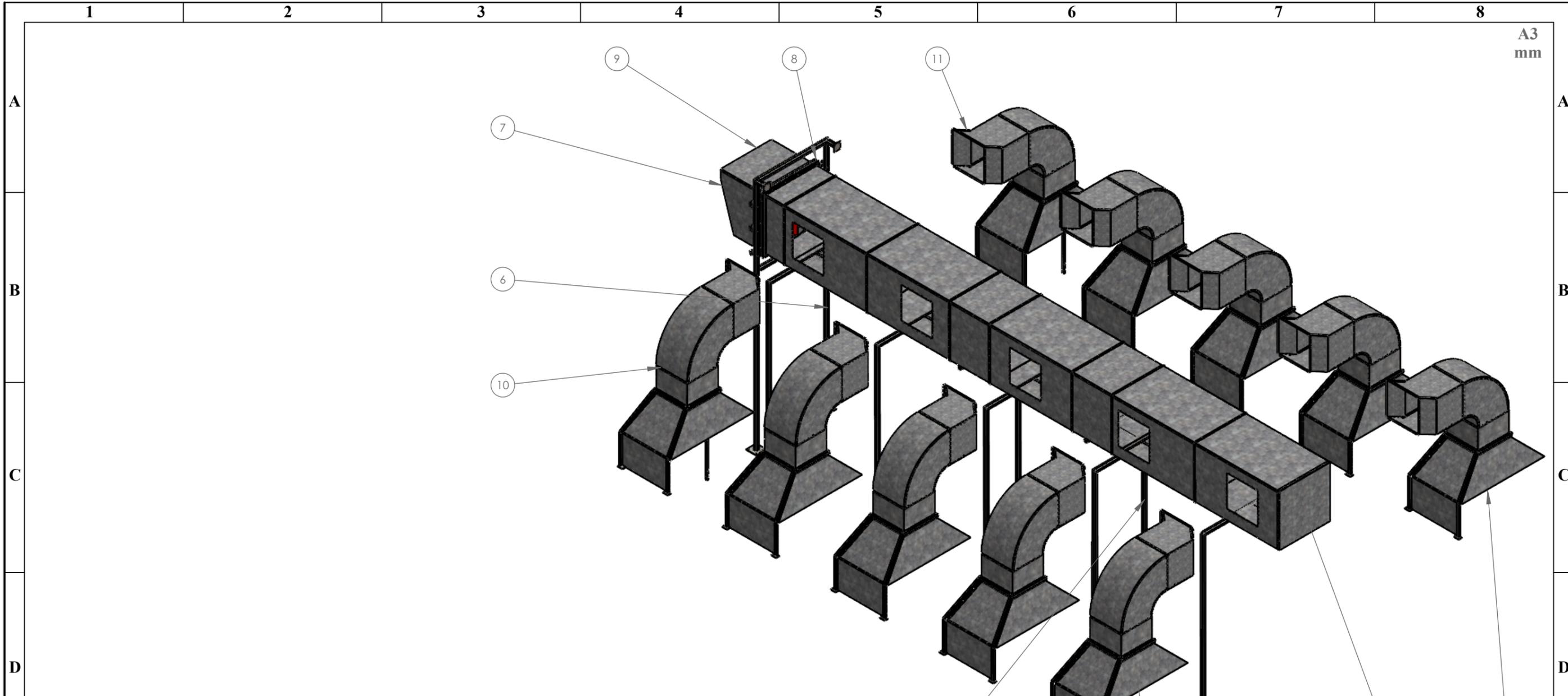
21 respuestas



ANEXO Z: PLANOS

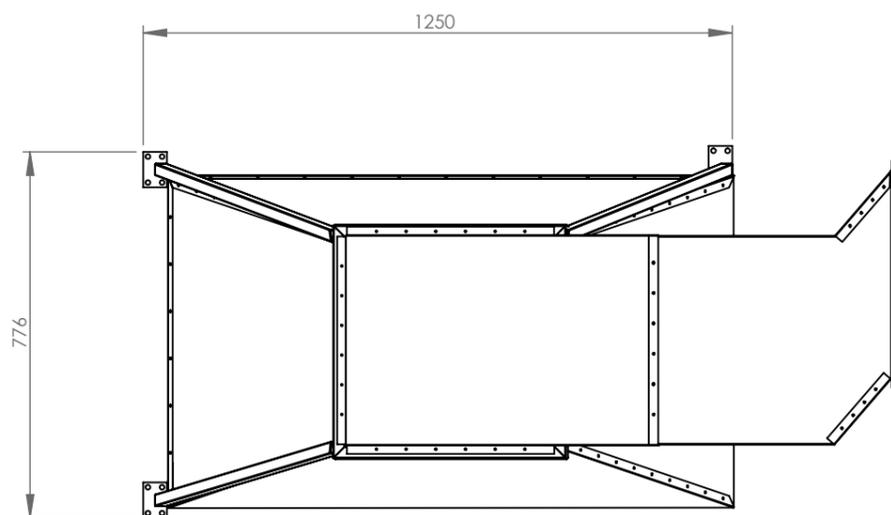
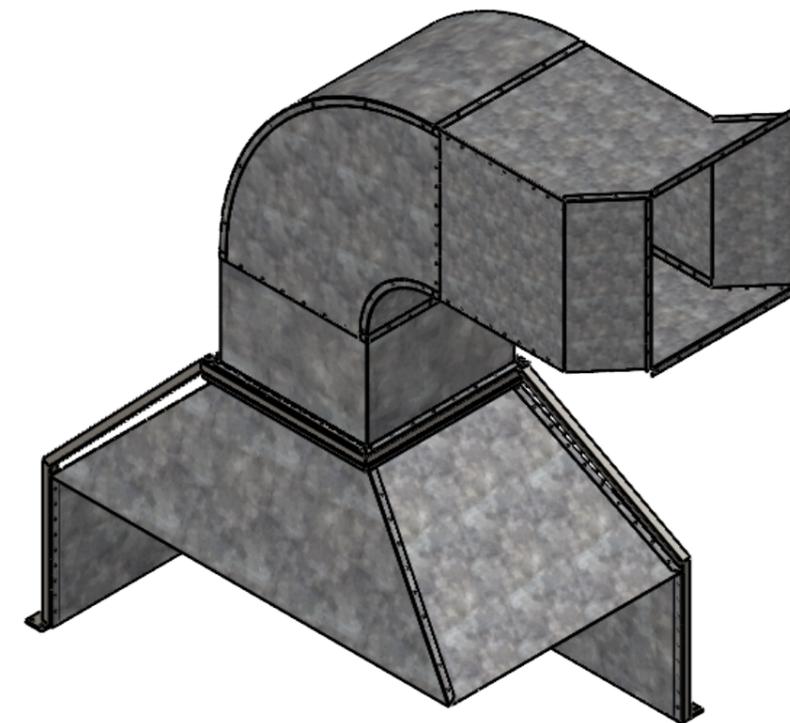
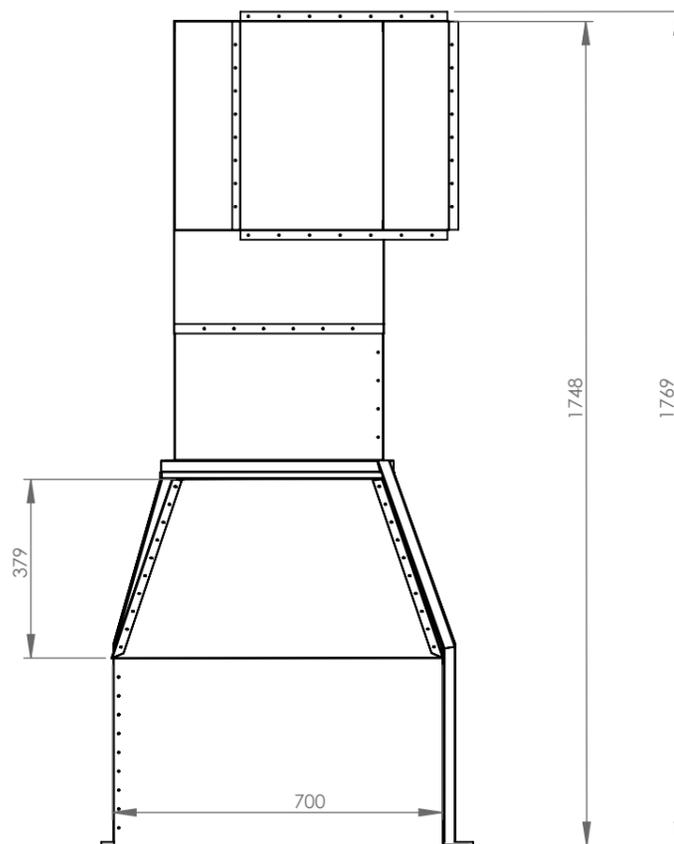
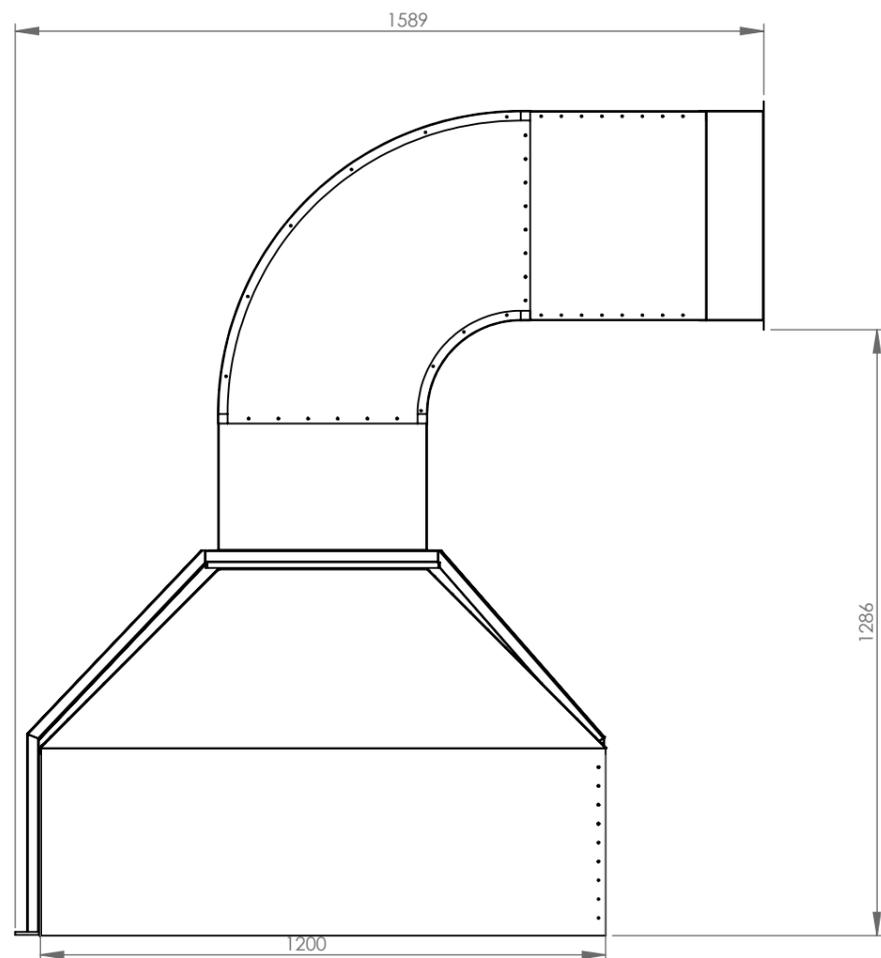


Nº. Lámina: 1 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES DE SOLDADURA					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:		Nombre de archivo:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/15	ACERO GALVANIZADO		Sistema_de_extracción.sldprt					
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/15								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07								

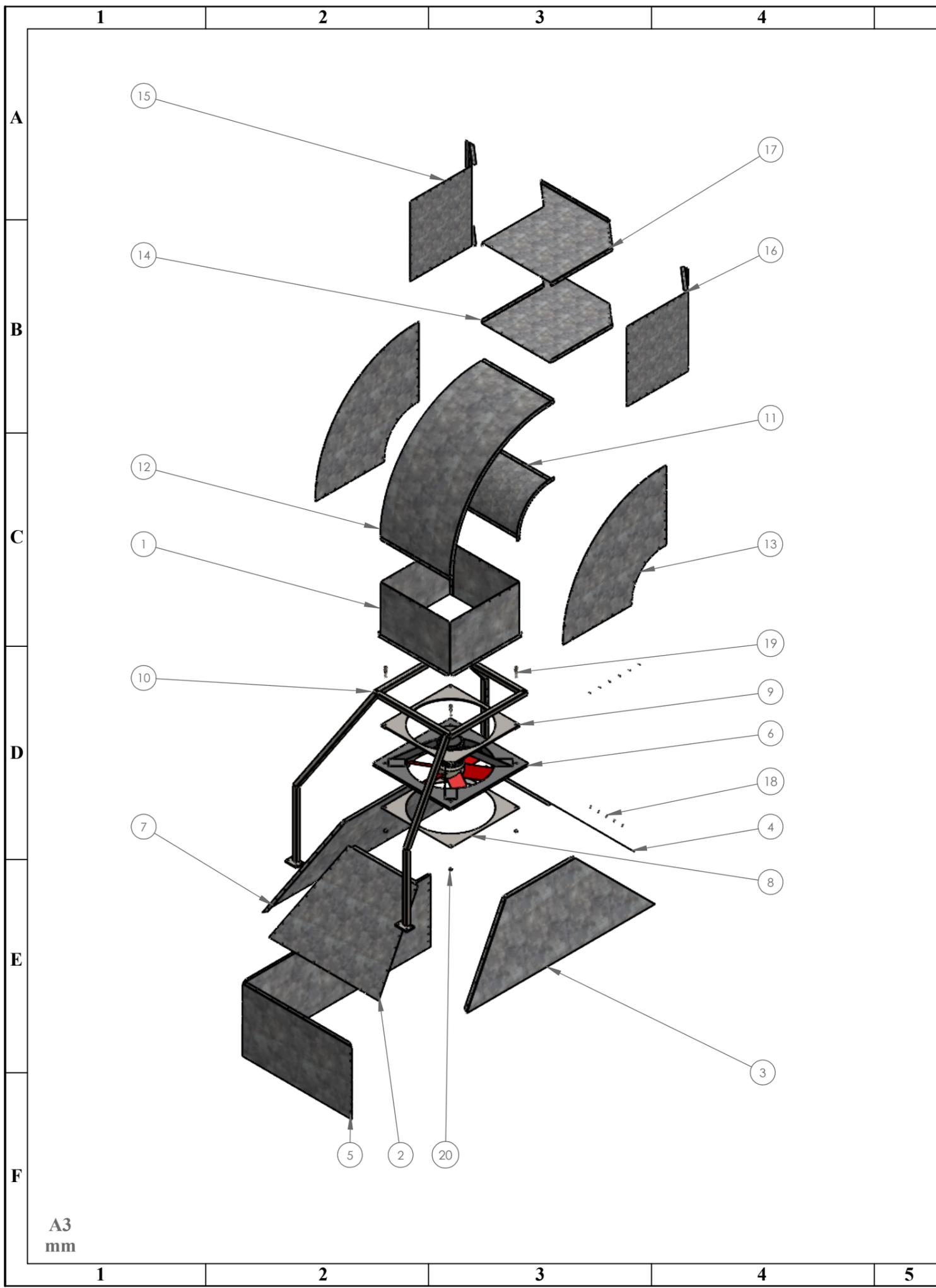


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	OBSERVACIÓN
1	Tramo secundario 442x442 mm	4	Ducto cuadrado 442x0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
2	Tramo secundario derecho 442x442 mm	4	Ducto cuadrado 442x0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
3	Sistema de extracción 725	1	Ducto cuadrado 725x0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
4	Estructura ducto principal derecho	2	Tubo cuadrado 50.8x7.9 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
5	Estructura ducto principal	5	Tubo cuadrado 50.8x3 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
6	Estructura ventilador externo	1	Tubo cuadrado 50.8x3 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
7	Ducto principal inferior T8 725mmx1220mm	1	Ducto cuadrado 725x0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
8	Estructura base ventilador HXT 630	1	Tubo cuadrado 50.8x3 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
9	Ducto principal superior T8 725mm x 1220mm	1	Ducto cuadrado 725x0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
10	Tramo secundario E10 442x442 mm	1	Ducto cuadrado 442x0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
11	Tramo secundario derecho E5 442x442 mm	1	Ducto cuadrado 442x0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado

Nº. Lámina: 2 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-AD-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación:					
SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES DE SOLDADURA		Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:		1004	±0.3 [mm]	1:40	
		Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/15	ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
		Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/15	Nombre de archivo:					
		Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05	Explosionado sist extracción.sldprt					
		Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07						



Nº. Lámina: 3 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-TS-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: TRAMO SECUNDARIO					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					41,18	±0.3 [mm]	1:15	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/15								
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/15								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07								
						Materiales: ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
						Nombre de archivo: Tramo_secundario 442.sldprt					



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	OBSERVACIÓN
1	Ducto secundario 442 mm	1	Ducto cuadrado 442x0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
2	Panel lateral izq campana 700mm	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
3	Panel frontal campana 1200mm	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
4	Panel lateral der. campana 700mm	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
5	Pantallas_laterales	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
6	Ventilador S&P -HXB 400 H	1	Ventilador axial cuadrado	-	Catálogo Soler & Palau ventass2@megafriosa.com
7	Panel posterior campana 1200 mm	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
8	Placa base ventilador 400 H	1	Placa de 1 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
9	Soporte ventilador 400 H	1	Placa 10 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
10	Estructura soporte campana y ventilador	1	Tubo cuadrado 25.4x3 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
11	Panel inferior codo 90º	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
12	Panel superior codo 90º	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
13	Panel lateral codo 90º	2	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
14	Panel inferior codo 135º	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
15	Panel lateral derecho codo 135º	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
16	Panel lateral izquierdo codo 135º	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
17	Panel superior codo 135º	1	Plancha 0.7 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
18	Remache 5_32x3_8	224	Remache 5/32 x 3/8 in	Acero	Proveedora industrial Riobamba
19	HBOLT 0.3750-16x1.875x1-S	4	Perno 3/8 x 1.5 in	Acero	Proveedora industrial Riobamba
20	HNUT 0.3750-16-D-S	4	Tuerca 3/8 in	Acero	Proveedora industrial Riobamba

Nº. Lámina: 4 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-ETS-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@espoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: EXPLOSIONADO TRAMO SECUNDARIO					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					41,18	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/15								
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/15								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07								
Materiales: ACERO GALVANIZADO								ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Nombre de archivo: Campana_paneles.sldprt											

A3 mm

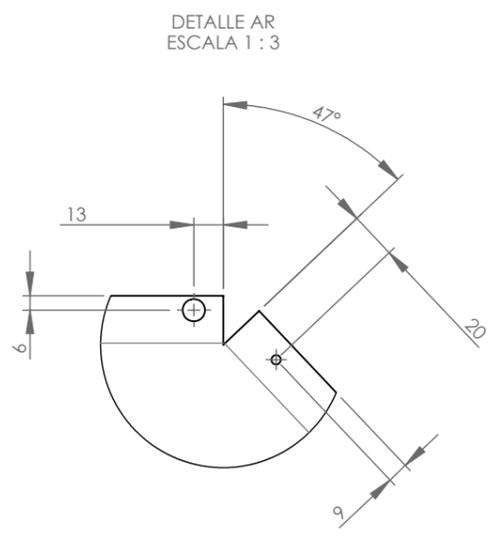
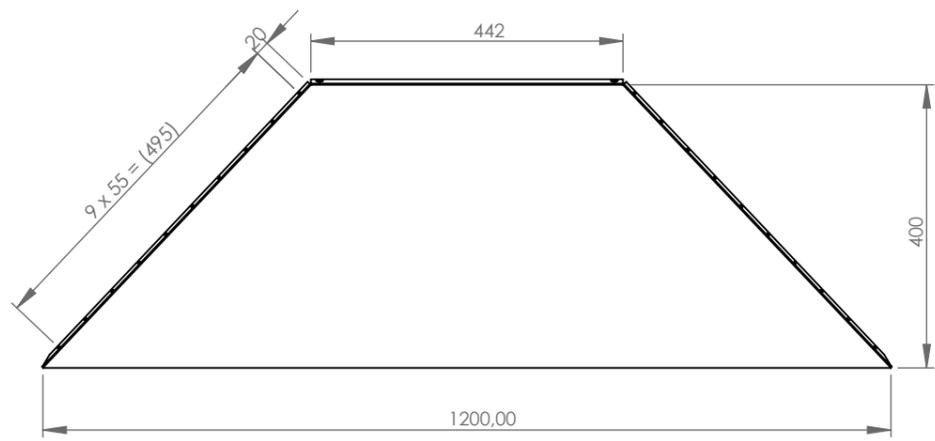
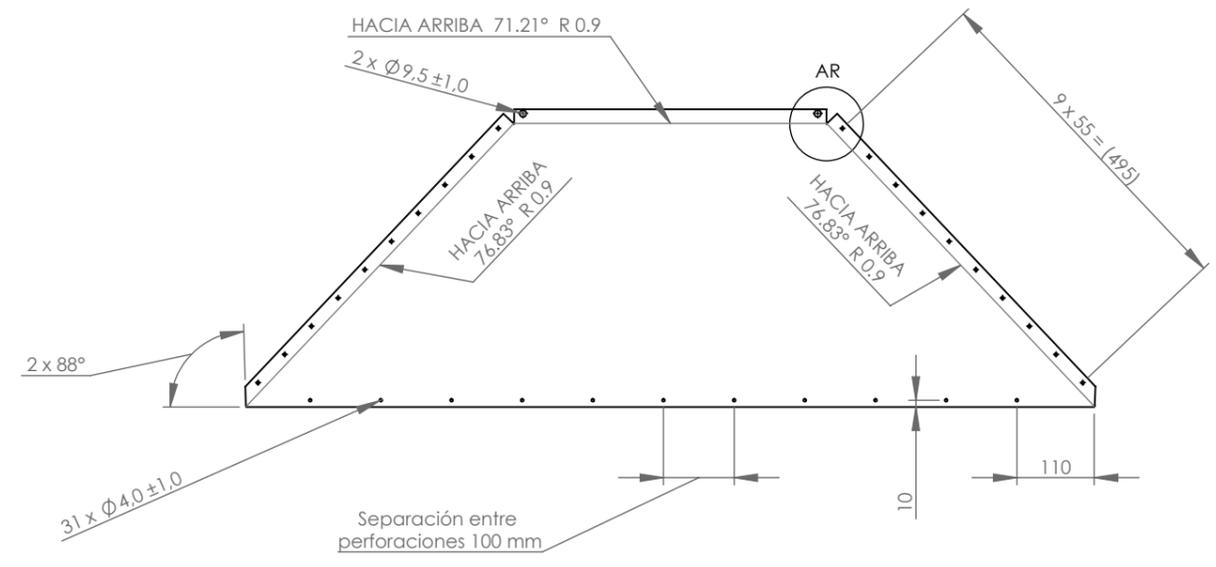
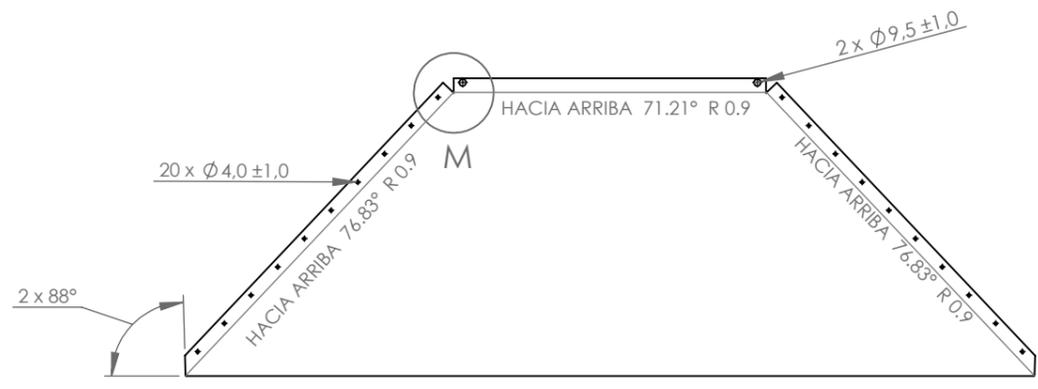
3 Panel frontal de la campana

7 Panel posterior de la campana

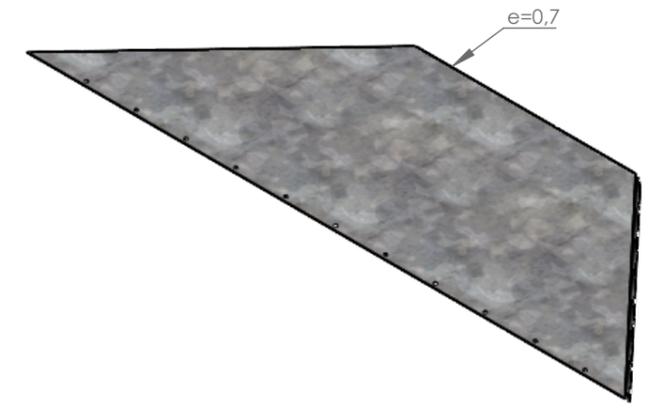
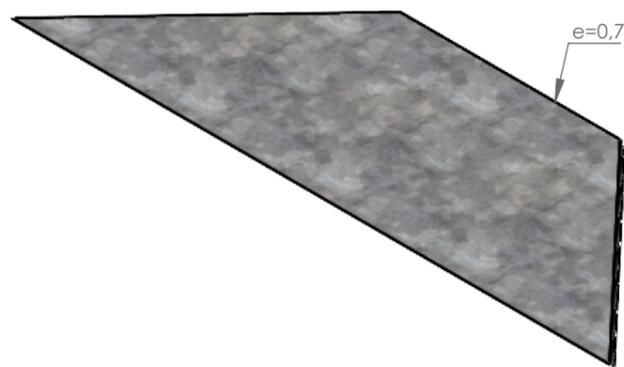
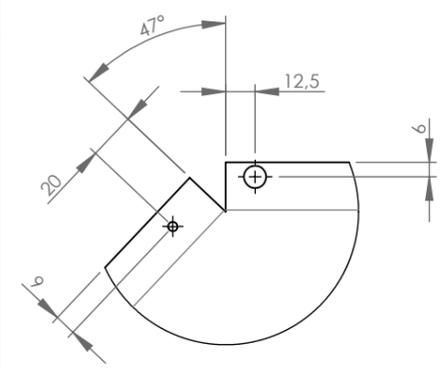
A3 mm

A
B
C
D
E
F

A
B
C
D
E
F



DETALLE M ESCALA 1 : 3

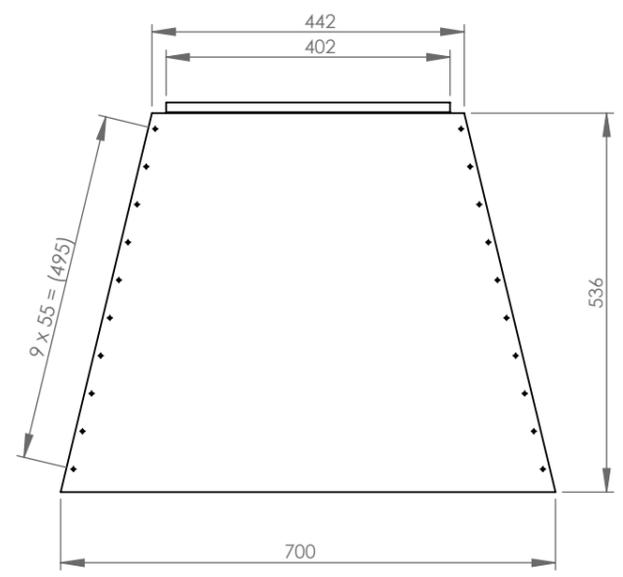
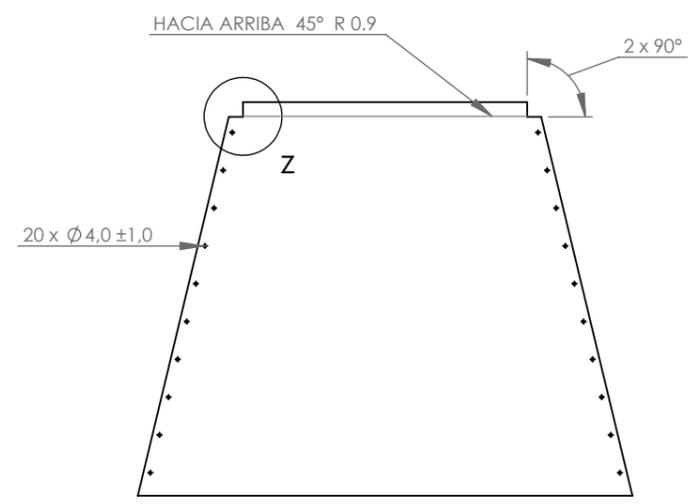


Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

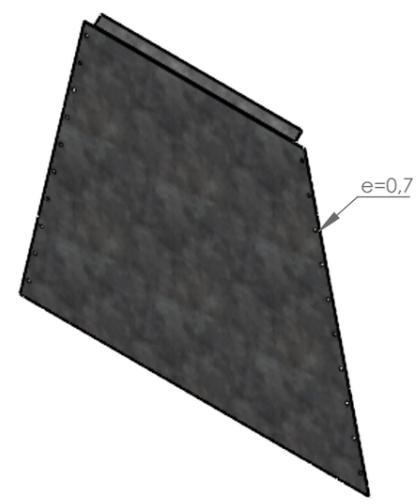
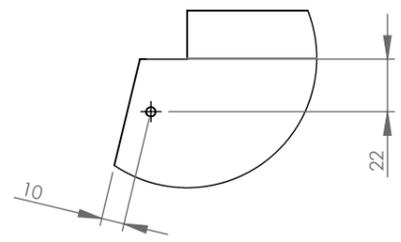
Nº. Lámina: 5 de 40	Nº. Hojas: 40	Sustitución:	Codificación: FM-CM-SEGS-PPC-AD-P001-01-2024	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371			Denominación:				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	PANELES PRINCIPALES DE LA CAMPANA			
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/15				
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/15	Materiales: ACERO GALVANIZADO			
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05				
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07	Nombre de archivo: Panel_campana_1200.sldprt			
<p>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</p>							

1 2 3 4 5

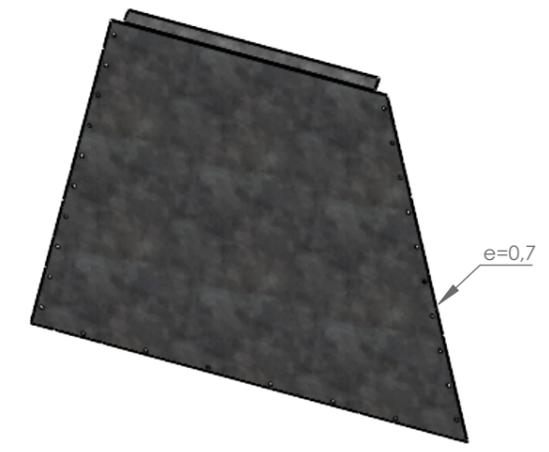
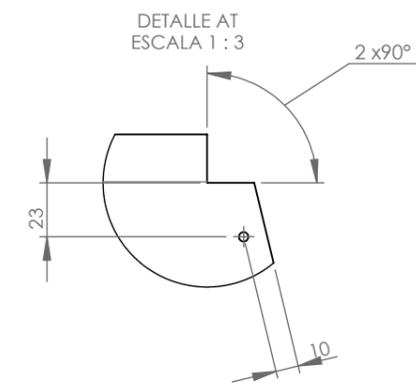
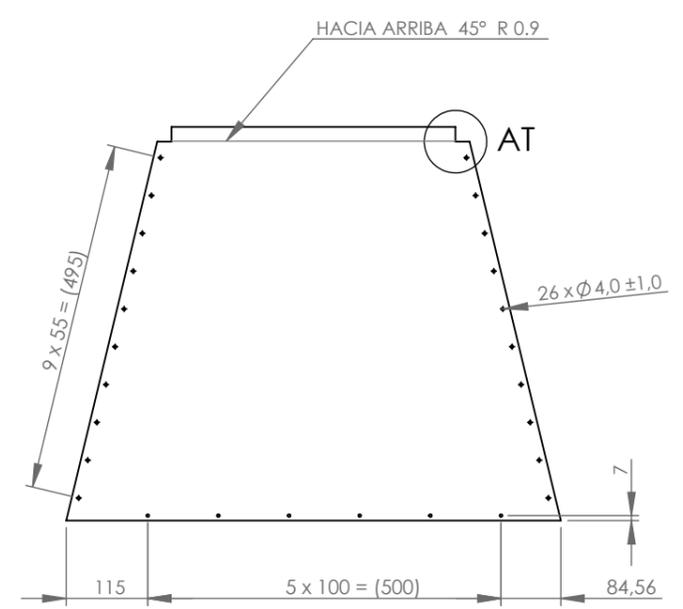
4 Panel lateral derecho de la campana



DETALLE z ESCALA 1 : 3

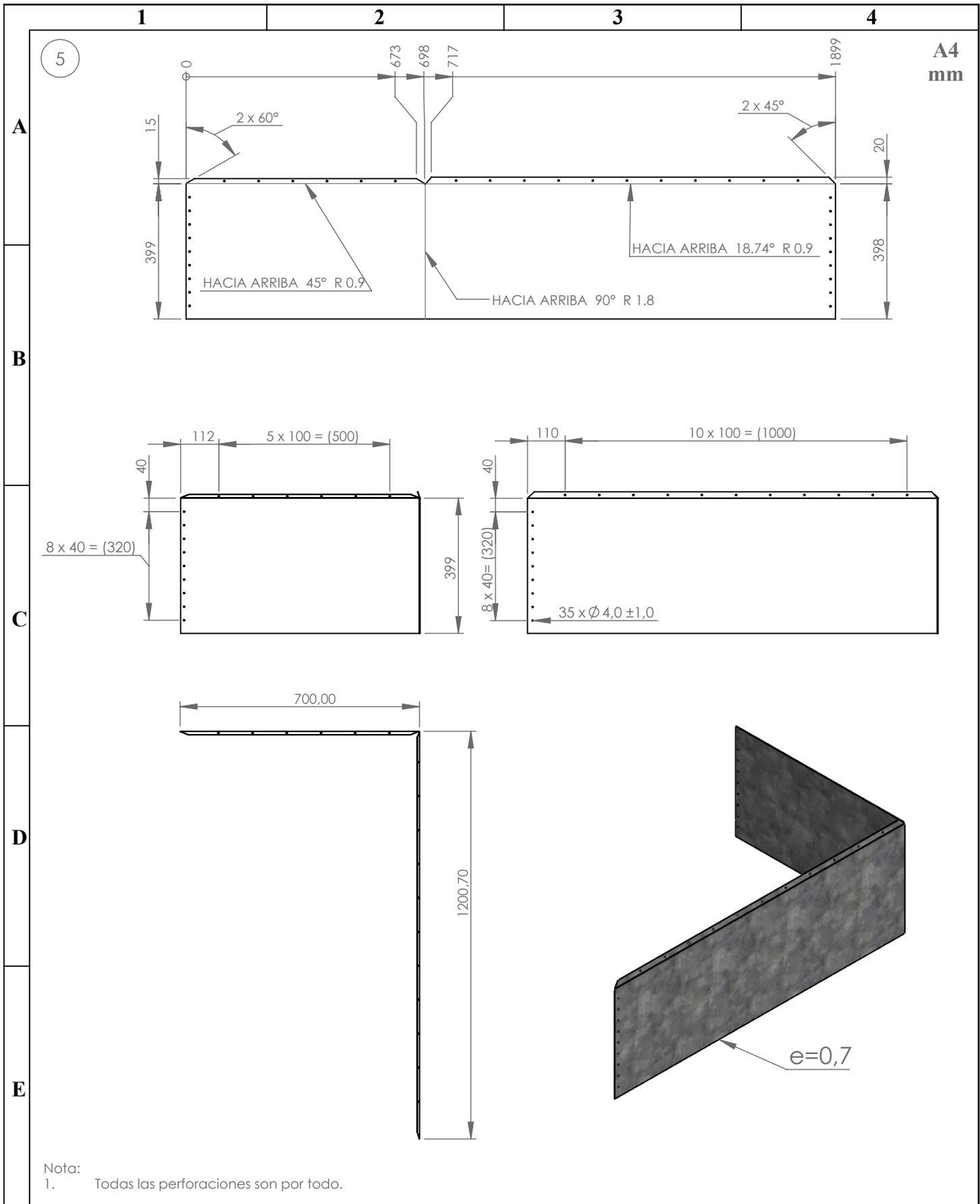


2 Panel lateral izquierdo de la campana

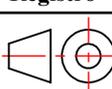


Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo.

Nº. Lámina: 6 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-PLC-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: PANELES LATERALES DE LA CAMPANA					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					3,46	±0.3 [mm]	1:10	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/15								
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/15								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07								
						Materiales: ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
						Nombre de archivo: Panel_lateral_700.sldprt					



Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo.

N°. Lámina: 7 de 40		N°. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-PL-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: PANTALLAS LATERALES						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		4,35		±0.3 [mm]		1:15			
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/15		Materiales: Acero Galvanizado		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/15									
Revisó		Ing. Santiago Choto				2024/03/05		Nombre de archivo: Pantallas_laterales.sldprt							
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07									

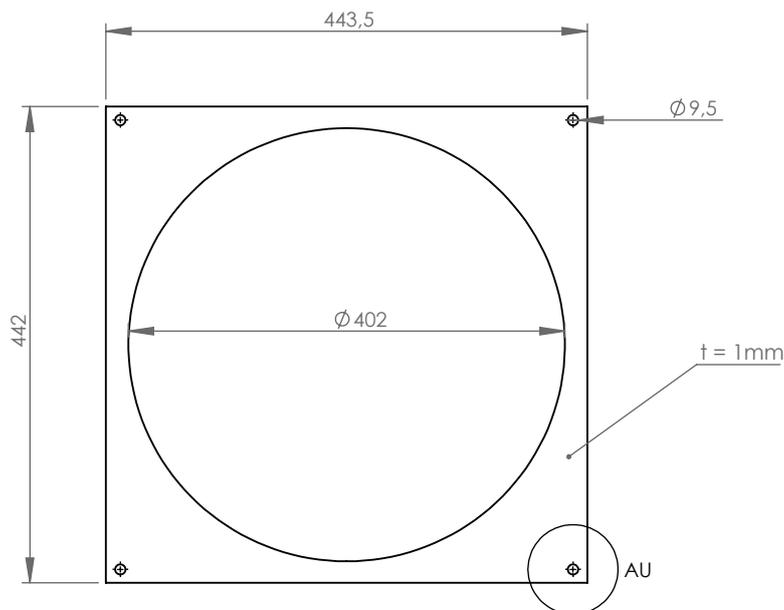
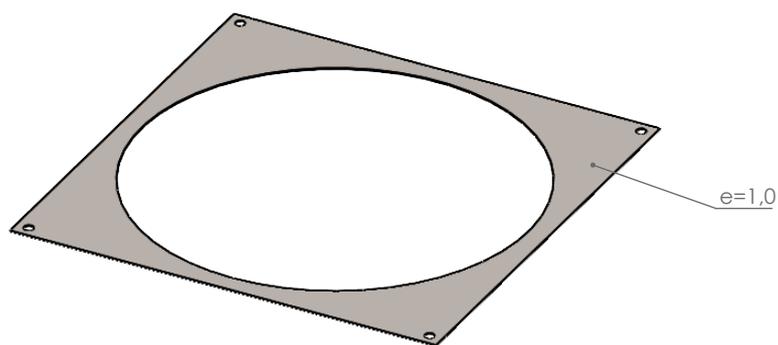
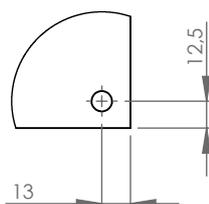
A

B

C

D

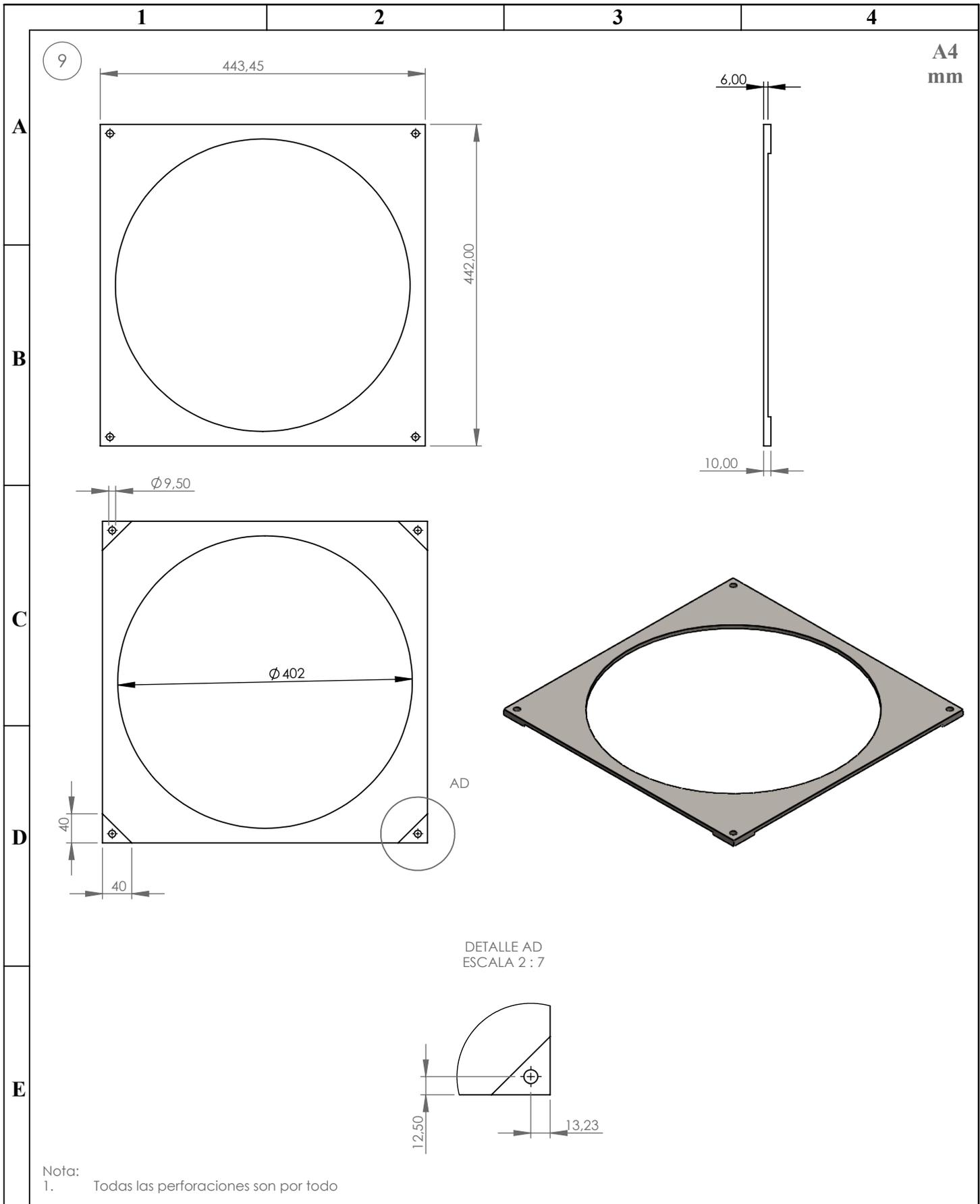
E

DETALLE AU
ESCALA 2 : 7

Nota:

1. Todas las perforaciones son por todo

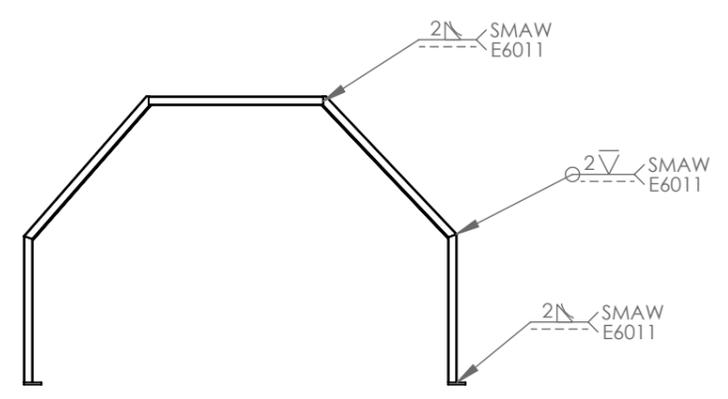
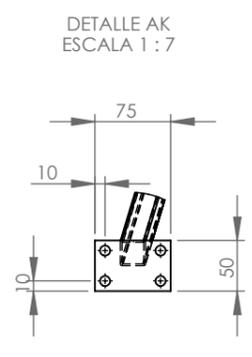
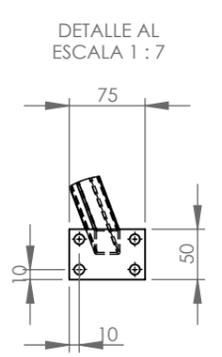
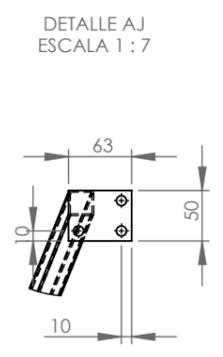
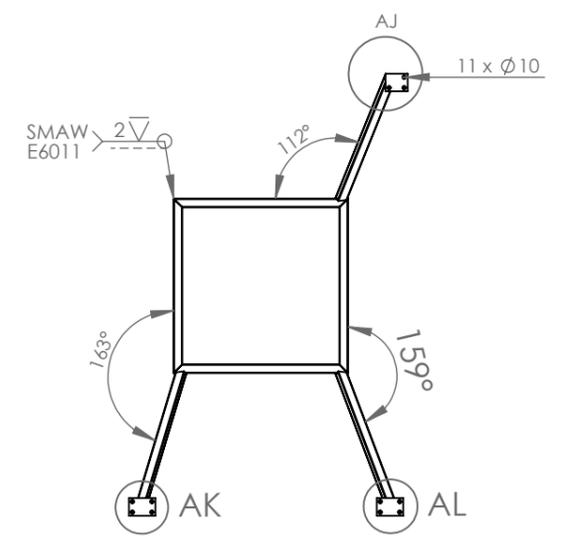
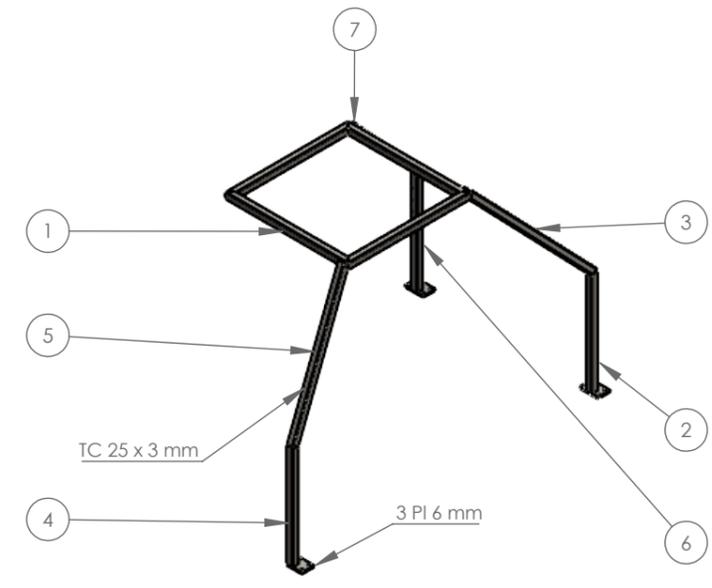
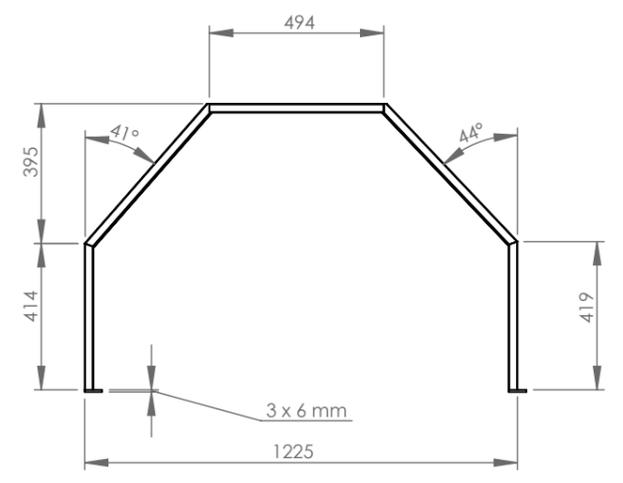
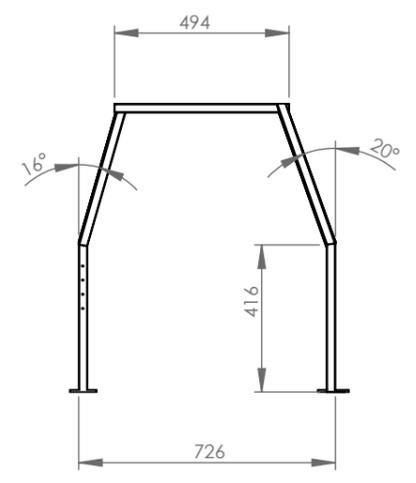
N°. Lámina: 8 de 40		N°. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-PBV-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						PLACA BASE VENTILADOR S&P HXB 400 H						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma								Fecha		0,54		±0.3 [mm]		1:7	
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/19		Materiales: Acero ASTM A36						ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/19													
Revisó		Ing. Santiago Choto				2024/03/05		Nombre de archivo: Placa_base_ventilador_400.sldprt											
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07													



Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

Nº. Lámina: 9 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-SV-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: SOPORTE VENTILADOR S&P HXB 400 H		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha			3,33	±0.3 [mm]	1:7			
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/19								
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/19								
Revisó	Ing. Santiago Choto		2024/03/05	Materiales: Acero ASTM A36		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07	Nombre de archivo: Soporte_ventilador_400.sldprt							

10



Nota:
 1. Las perforaciones por todo de 10 mm de diametro
 2. Uniones por soldadura E6011
 3. Estructura para estaciones: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9.

N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	4	Marco cuadrado para soporte del ventilador	494
2	1	Perfil que conecta con el empotramiento en la pared	425.978
3	1	Perfil intermedio entre el marco y el empotramiento en la pared	566.731
4	1	Perfil que conecta con el empotramiento en la pared	420.2
5	1	Perfil intermedio entre el marco y el empotramiento en la pared	554.505
6	1	Perfil que conecta con el empotramiento en la pared	425.709
7	1	Perfil intermedio entre el marco y el empotramiento en la pared	559.143

N°. Lámina: 10 de 40		N°. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-E2PV-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		ESTRUCTURA 2P VENTILADOR S&P HXB 400 H				6,66		±0.3 [mm]		1:20			
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/19													
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/19													
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05													
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07		Materiales: Acero ASTM A36				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							

N.º DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	2	∇	650.621	Electrodo revestido	4
2	2	∇	116.12	Electrodo revestido	3
3	2	▷	151.02	Electrodo revestido	3
4	2	▷	96.91	Electrodo revestido	3

10

A

B

C

D

E

F

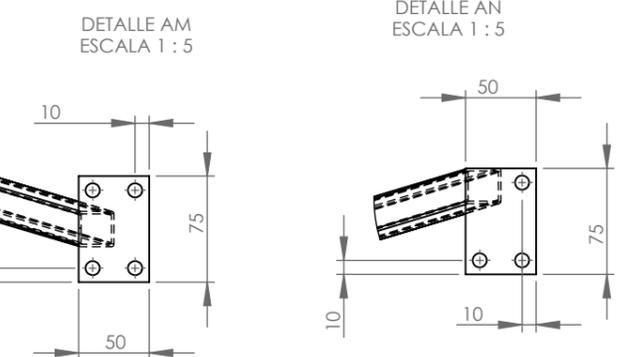
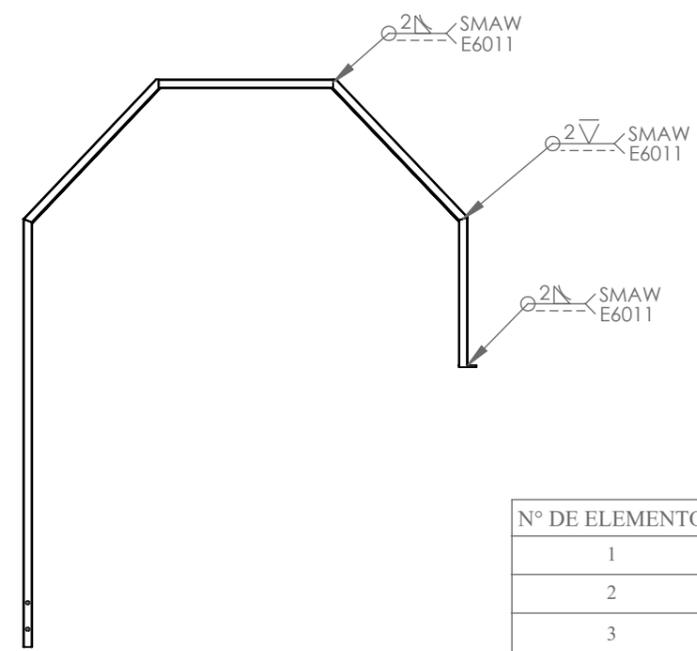
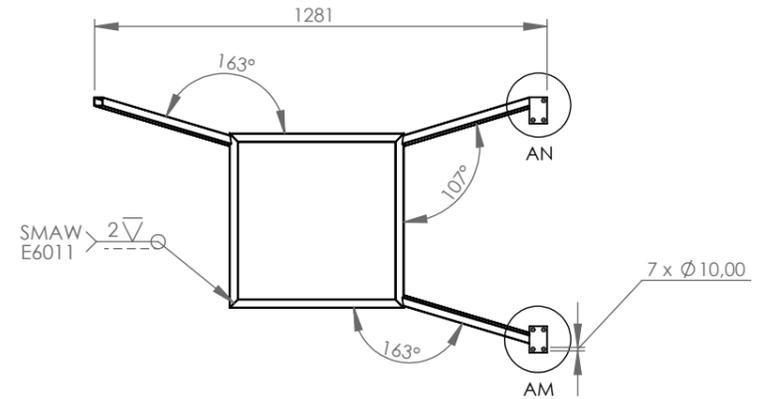
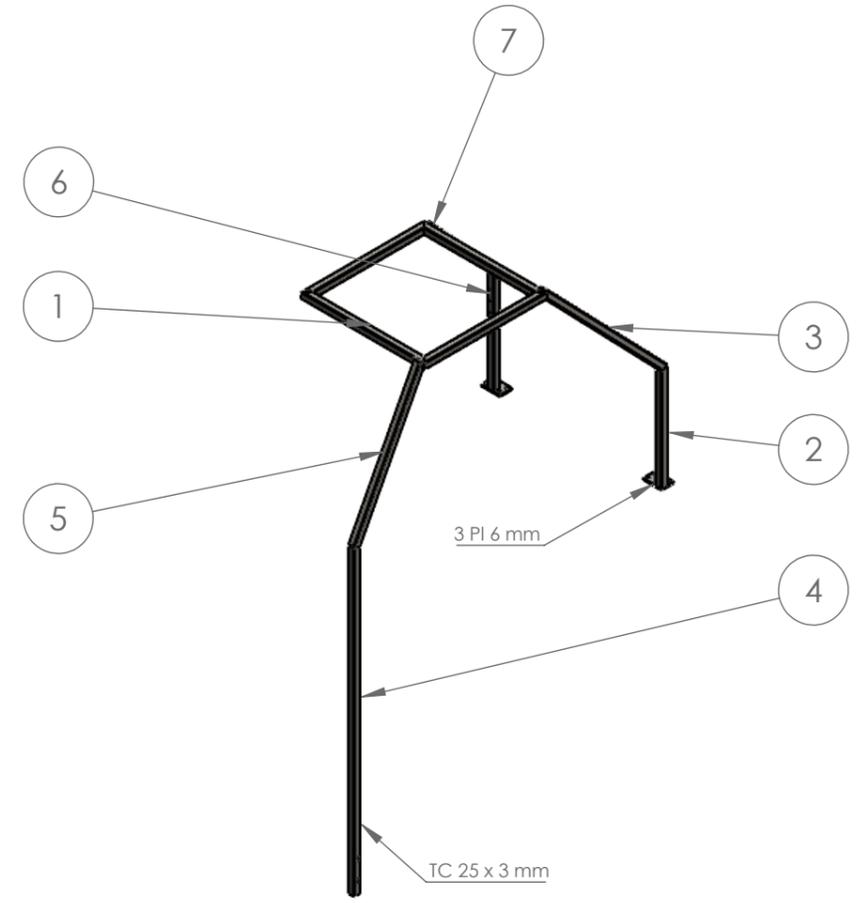
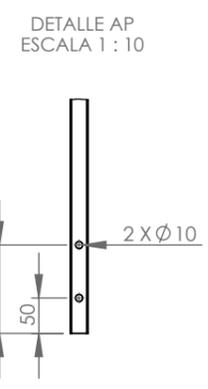
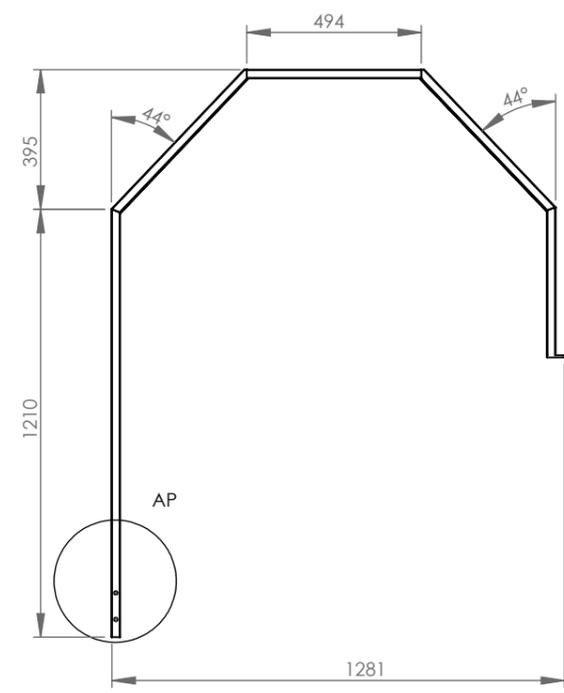
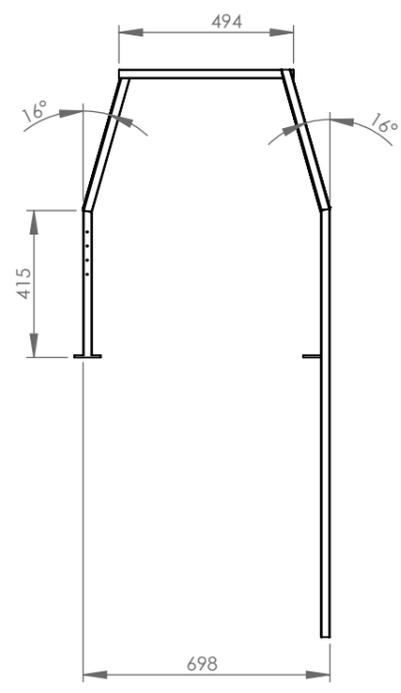
A

B

C

D

E

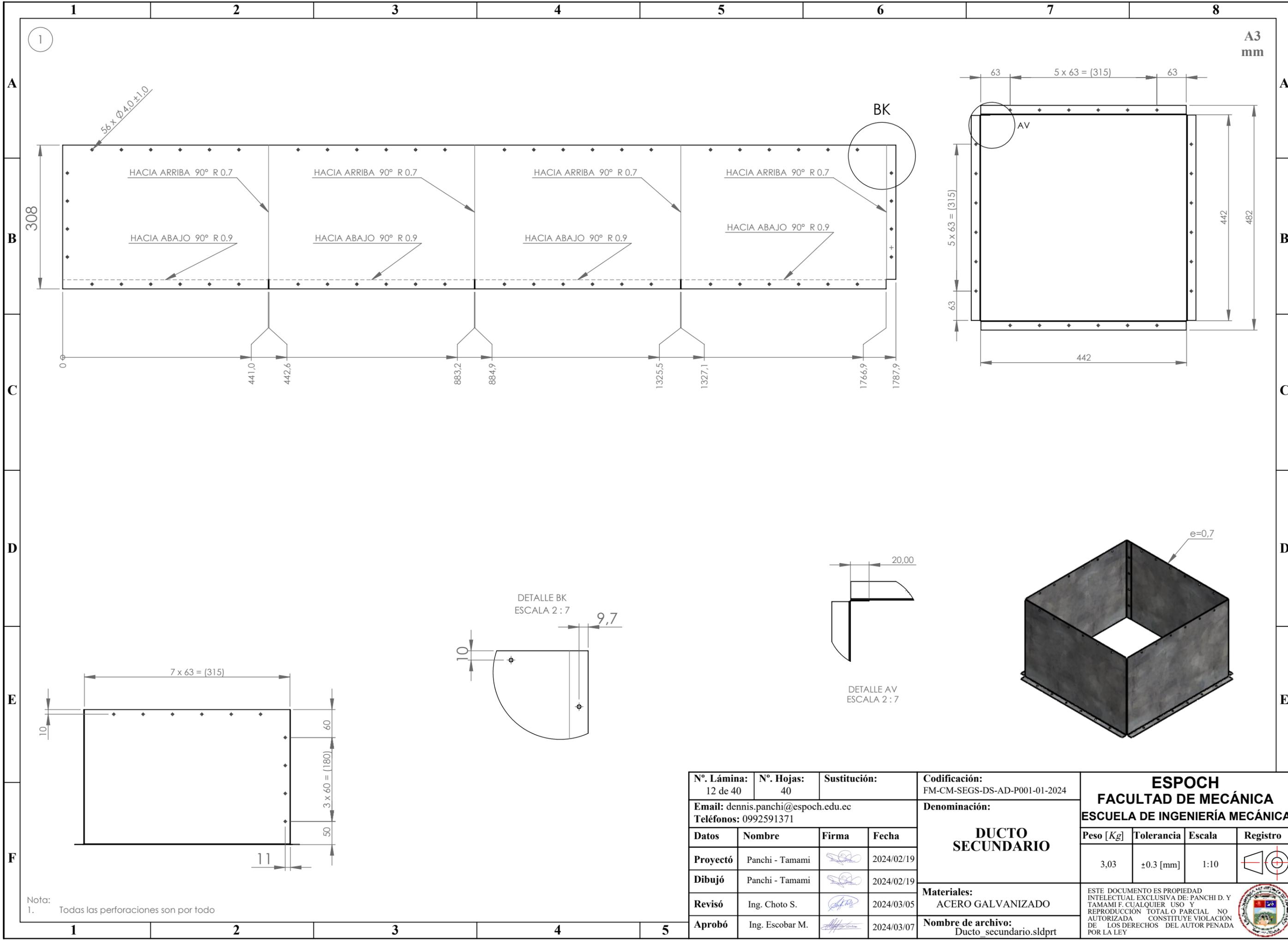


N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	4	Marco cuadrado para soporte del ventilador	494
2	1	Perfil que conecta con el empotramiento en la pared	424.777
3	1	Perfil intermedio entre el marco y el empotramiento en la pared	560.707
4	1	Perfil que conecta con el empotramiento en la pared de forma lateral	1210.444
5	1	Perfil intermedio entre el marco y el empotramiento en la pared	566.435
6	1	Perfil que conecta con el empotramiento en la pared	424.477
7	1	Perfil intermedio entre el marco y el empotramiento en la pared	560.676

Nota:
 1. Las perforaciones por todo de 10 mm de diametro
 2. Uniones por soldadura E6011
 3. Estructura para estaciones: 5, 10.

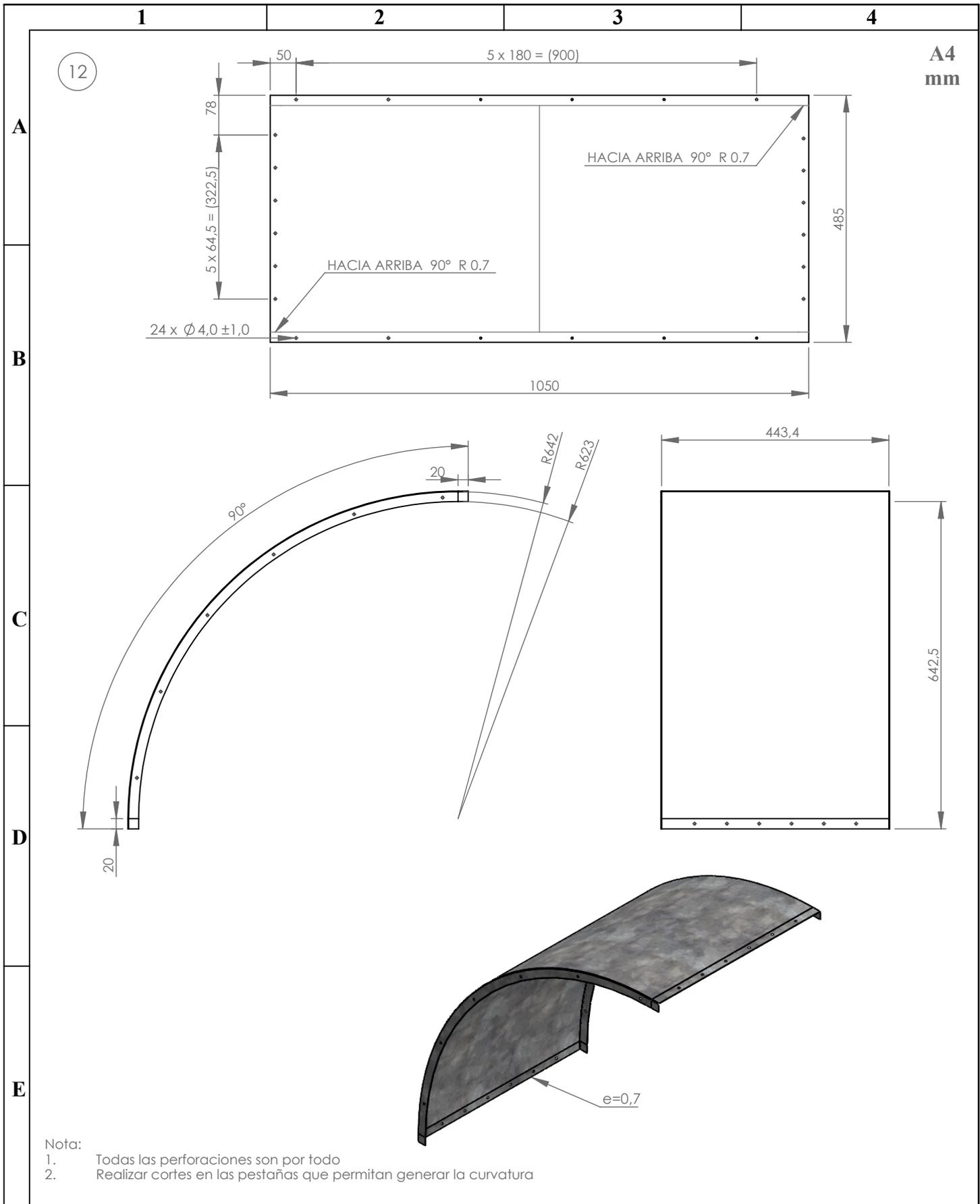
N.º DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	2	∇	764.525	Electrodo revestido	7
2	2	△	193.82	Electrodo revestido	5

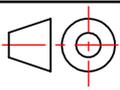
N.º. Lámina: 11 de 40	N.º. Hojas: 40	Sustitución:	Codificación: FM-CM-SEGS-EIPV-AD-P001-01-2024	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371			Denominación: ESTRUCTURA 1P VENTILADOR S&P HXB 400 H					Peso [Kg]
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: Acero ASTM A36	7,56	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/19					
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/19					
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05					
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07	Nombre de archivo: Estruct soport camp y venti E5.sldprt	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			



Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

N°. Lámina: 12 de 40		N°. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-DS-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: DUCTO SECUNDARIO					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					3,03	±0.3 [mm]	1:10	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/19								
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/19								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07								
						Materiales: ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
						Nombre de archivo: Ducto_secundario.sldprt					



Nº. Lámina: 13 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-PSC90-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						PANEL SUPERIOR DEL CODO 90°		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: Acero Galvanizado				2,8		±0.3 [mm]		1:10			
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/19	Nombre de archivo: Panel_superior_codo 90.sldprt		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY 									
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/19												
Revisó	Ing. Santiago Choto		2024/03/05												
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07												

13

A4
mm

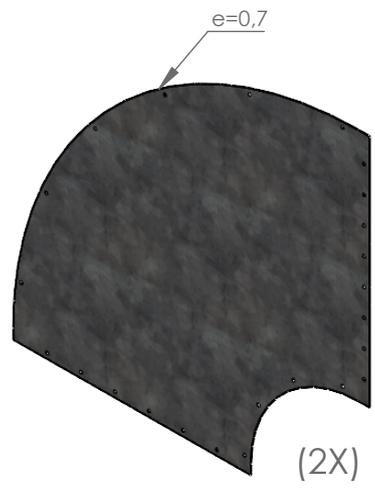
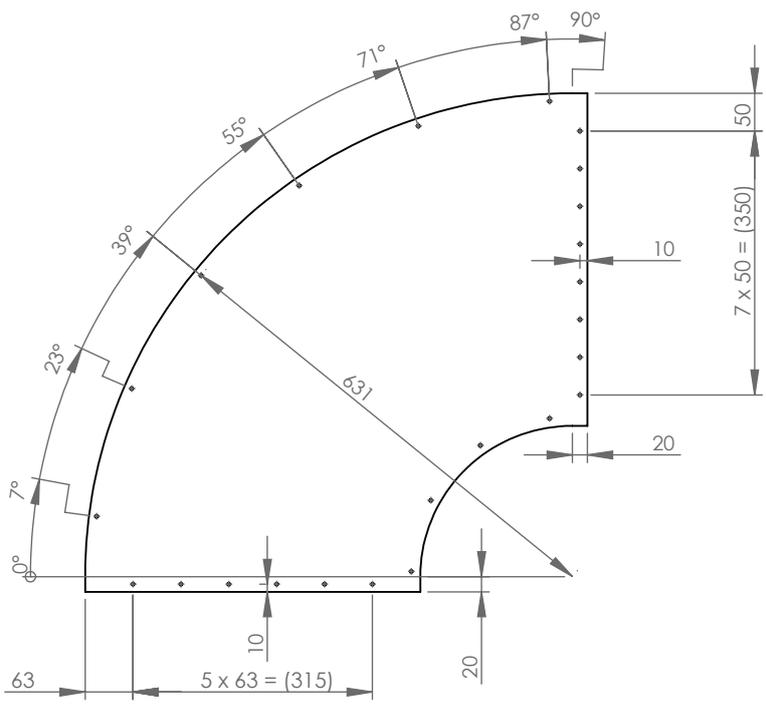
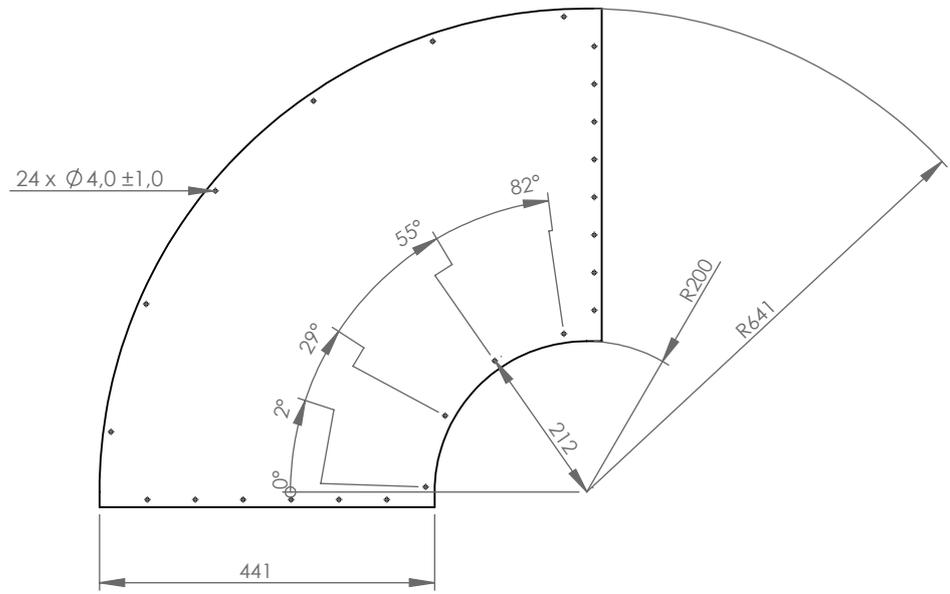
A

B

C

D

E



Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

Nº. Lámina: 14 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-C90PL-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371						PANEL LATERAL CODO 90°									
Datos		Nombre		Firma								Fecha		Peso [Kg]	
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/19		1,7		±0.3 [mm]		1:10			
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/19		Materiales: ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05									
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07		Nombre de archivo: Panel lateral codo 90.sldprt							

1

2

3

4

11

A4
mm

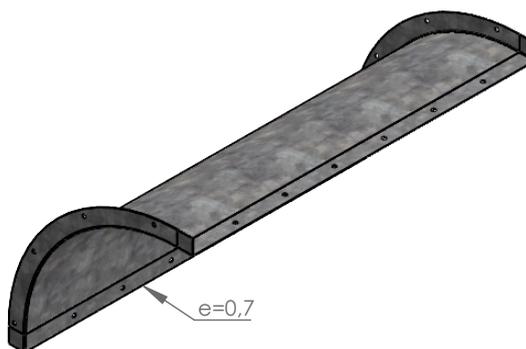
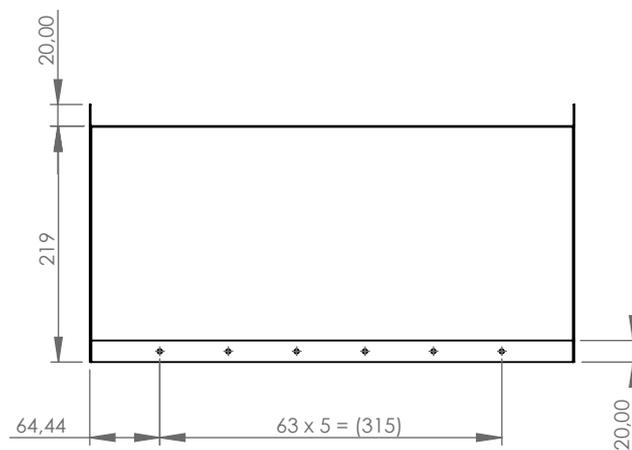
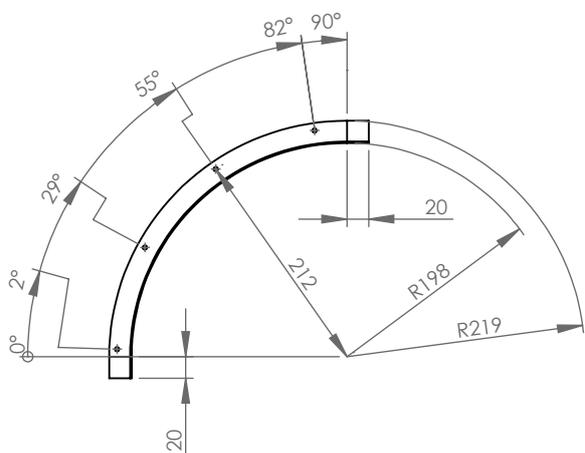
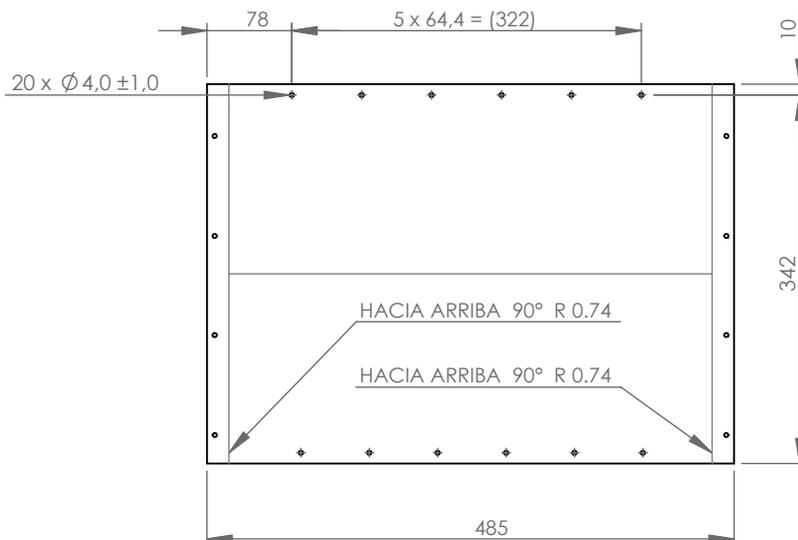
A

B

C

D

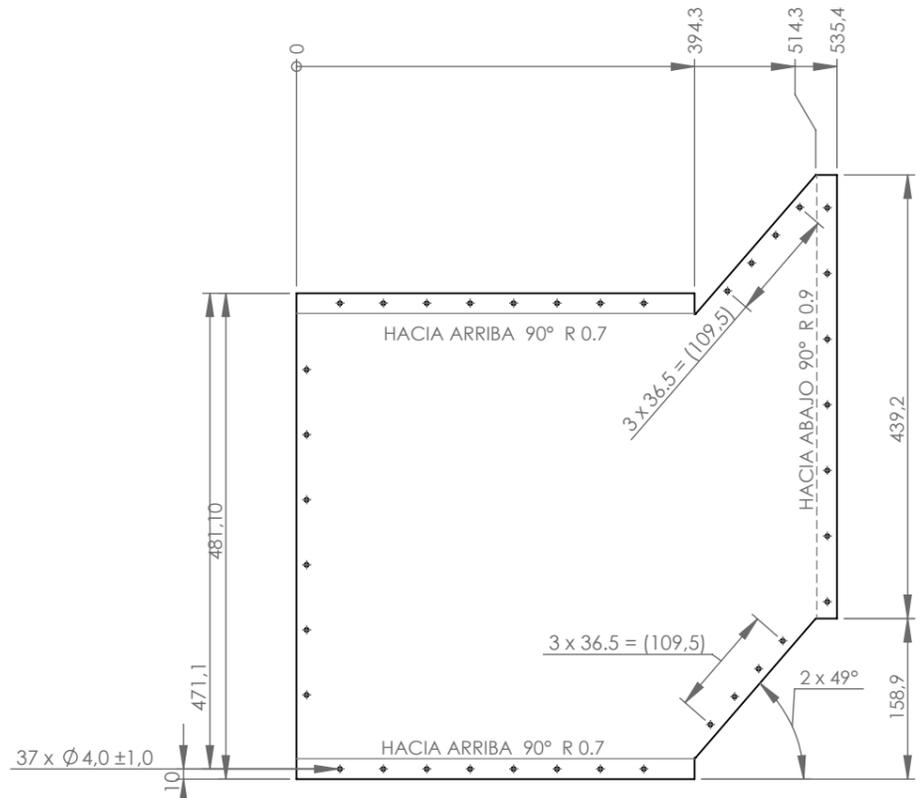
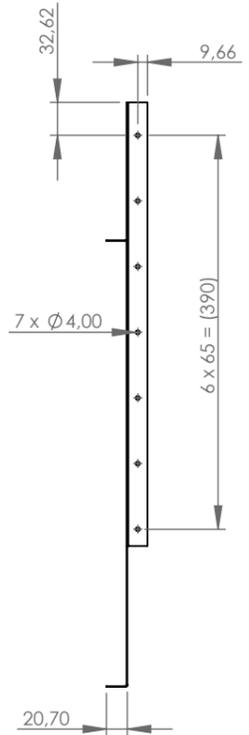
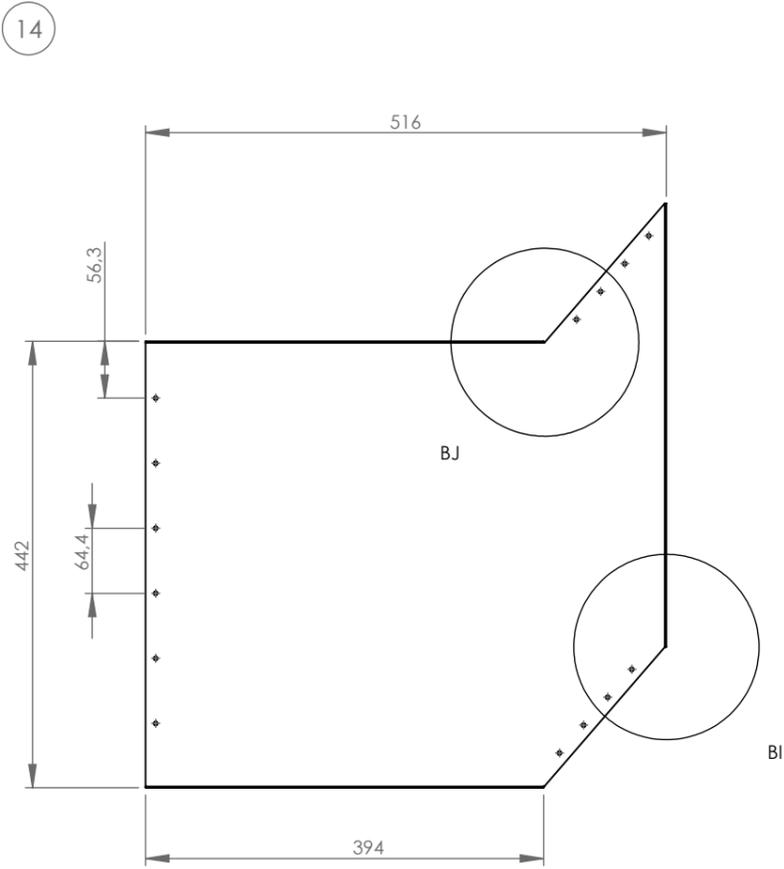
E



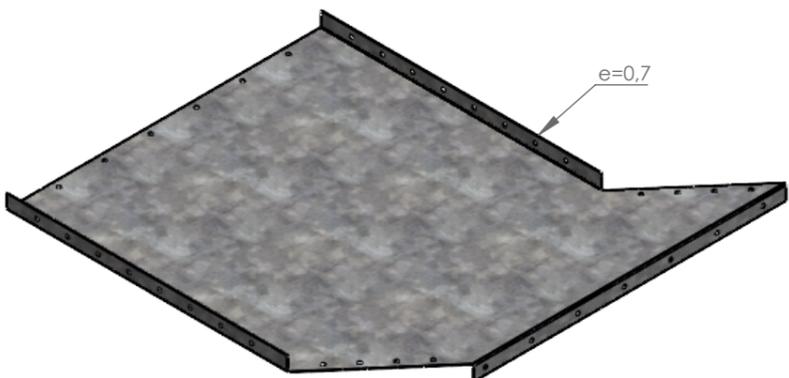
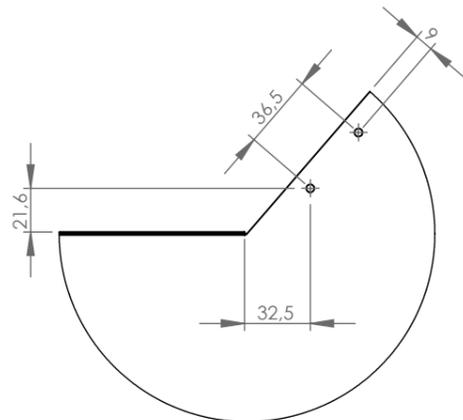
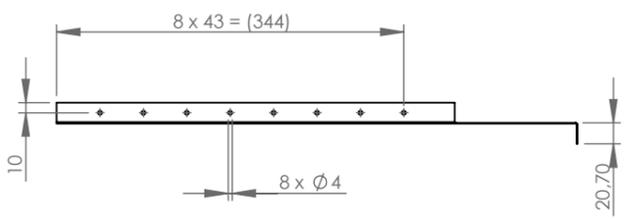
Nota:

- Todas las perforaciones son por todo
- Realizar cortes en las pestañas que permitan generar la curvatura

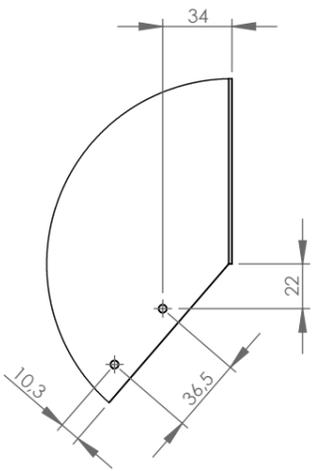
Nº. Lámina: 15 de 40	Nº. Hojas: 40	Sustitución:	Codificación: FM-CM-SEGS-PIC90-AD-P001-01-2024	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371			PANEL INFERIOR CODO 90°		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma			Fecha	0,94	$\pm 0,3$ [mm]	1:7
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/19	Materiales: ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY		
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/19					
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05	Nombre de archivo: Panel_inferior_codo 90.sldprt				
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07					



DETALLE BJ
ESCALA 2 : 7

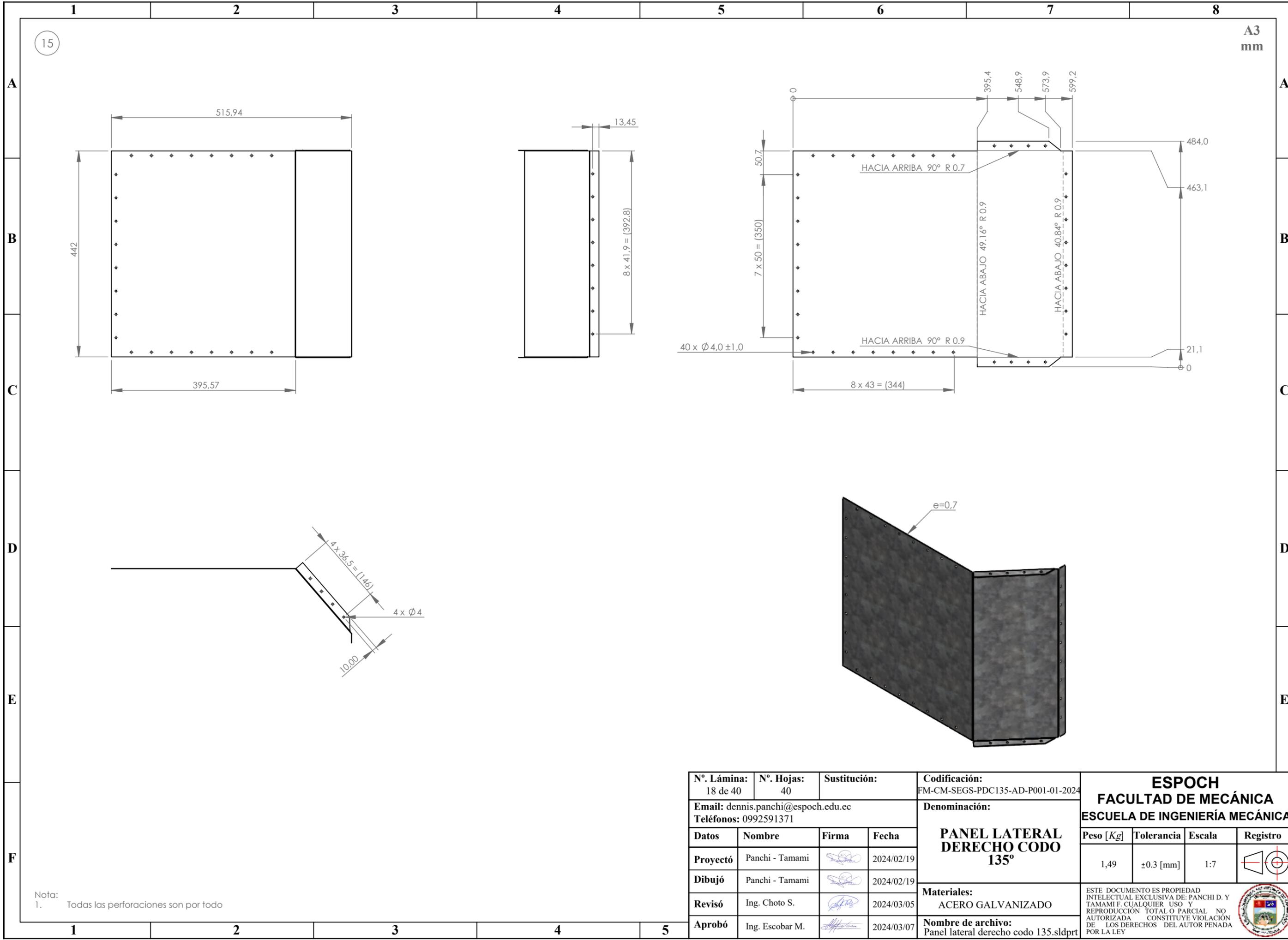


DETALLE BI
ESCALA 2 : 7



Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

Nº. Lámina: 17 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-PIC135-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación:					
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PANEL INFERIOR CODO 135°			
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/19					
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/19					
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05					
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07		Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY	
								ACERO GALVANIZADO			
								Nombre de archivo: Panel inferior codo 135.sldprt			



15

A3 mm

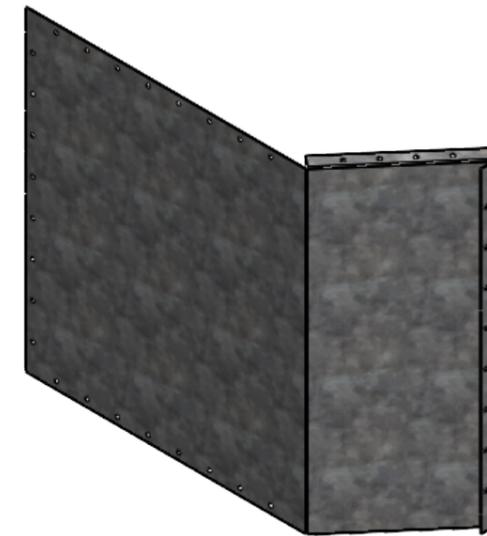
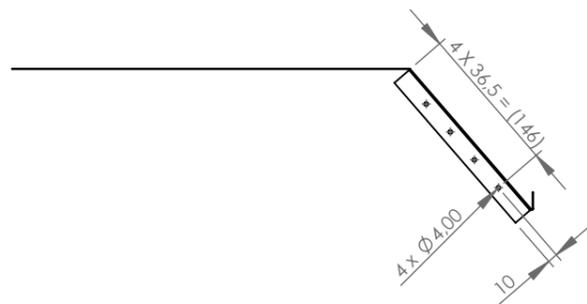
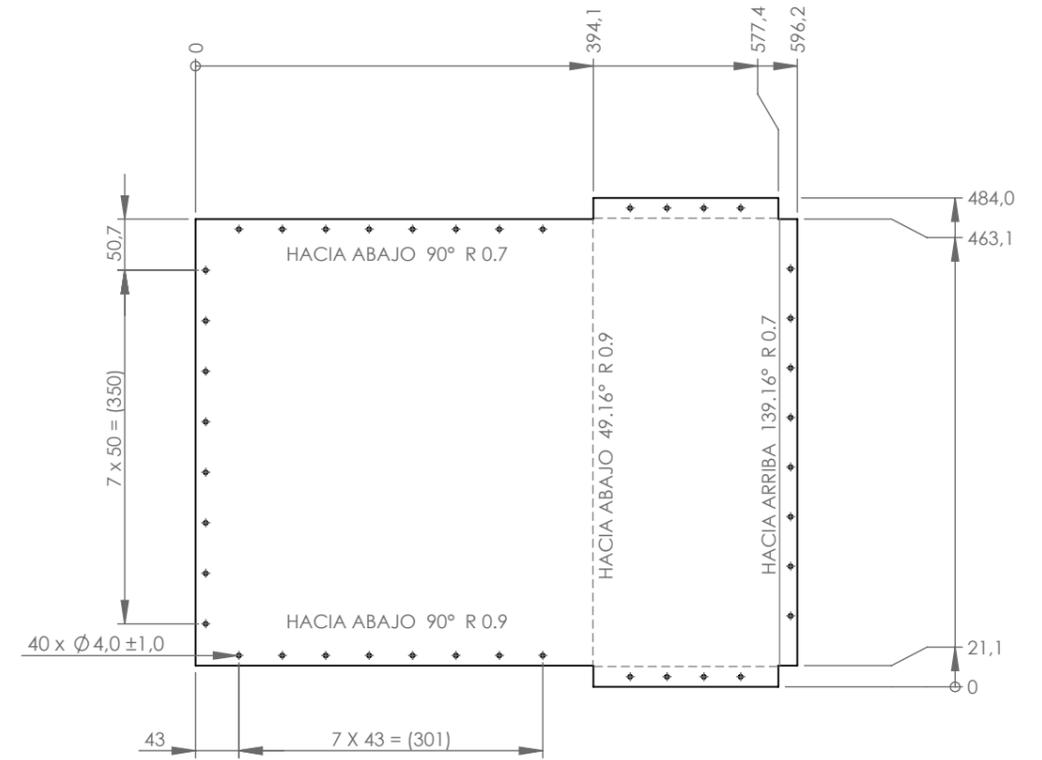
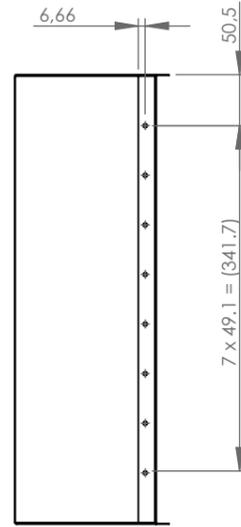
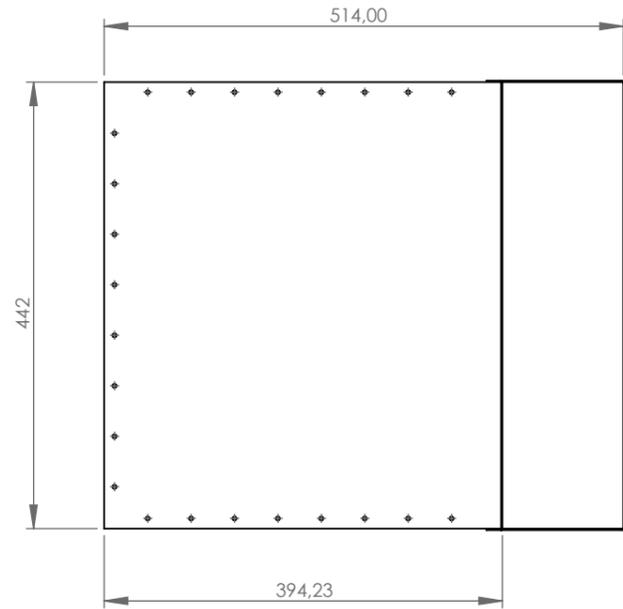
Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

N°. Lámina: 18 de 40		N°. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-PDC135-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371				Denominación: PANEL LATERAL DERECHO CODO 135°							
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ACERO GALVANIZADO				1,49	±0.3 [mm]	1:7	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/19								
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/19								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07	Nombre de archivo: Panel lateral derecho codo 135.sldprt				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			



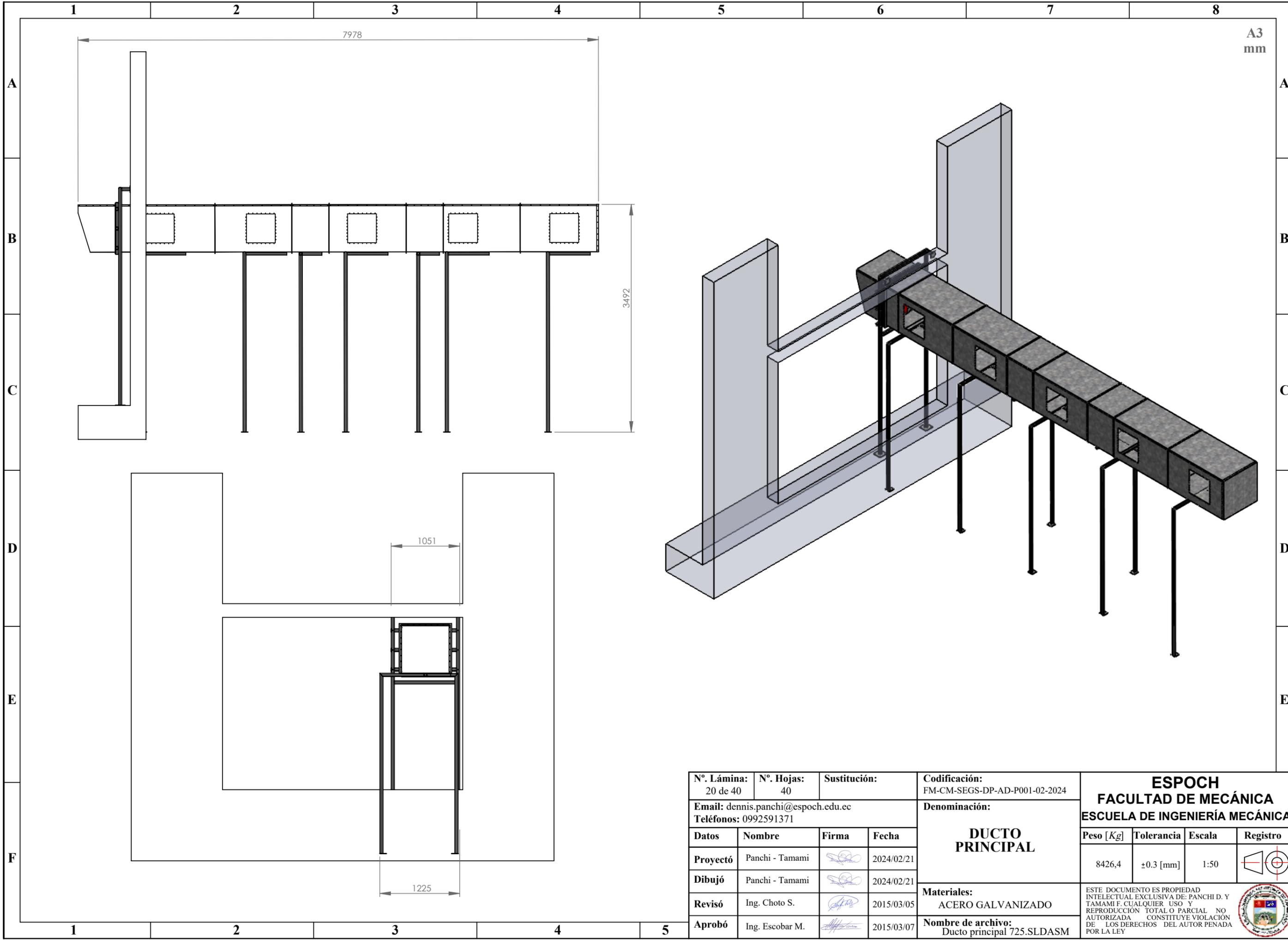
16

A3
mm

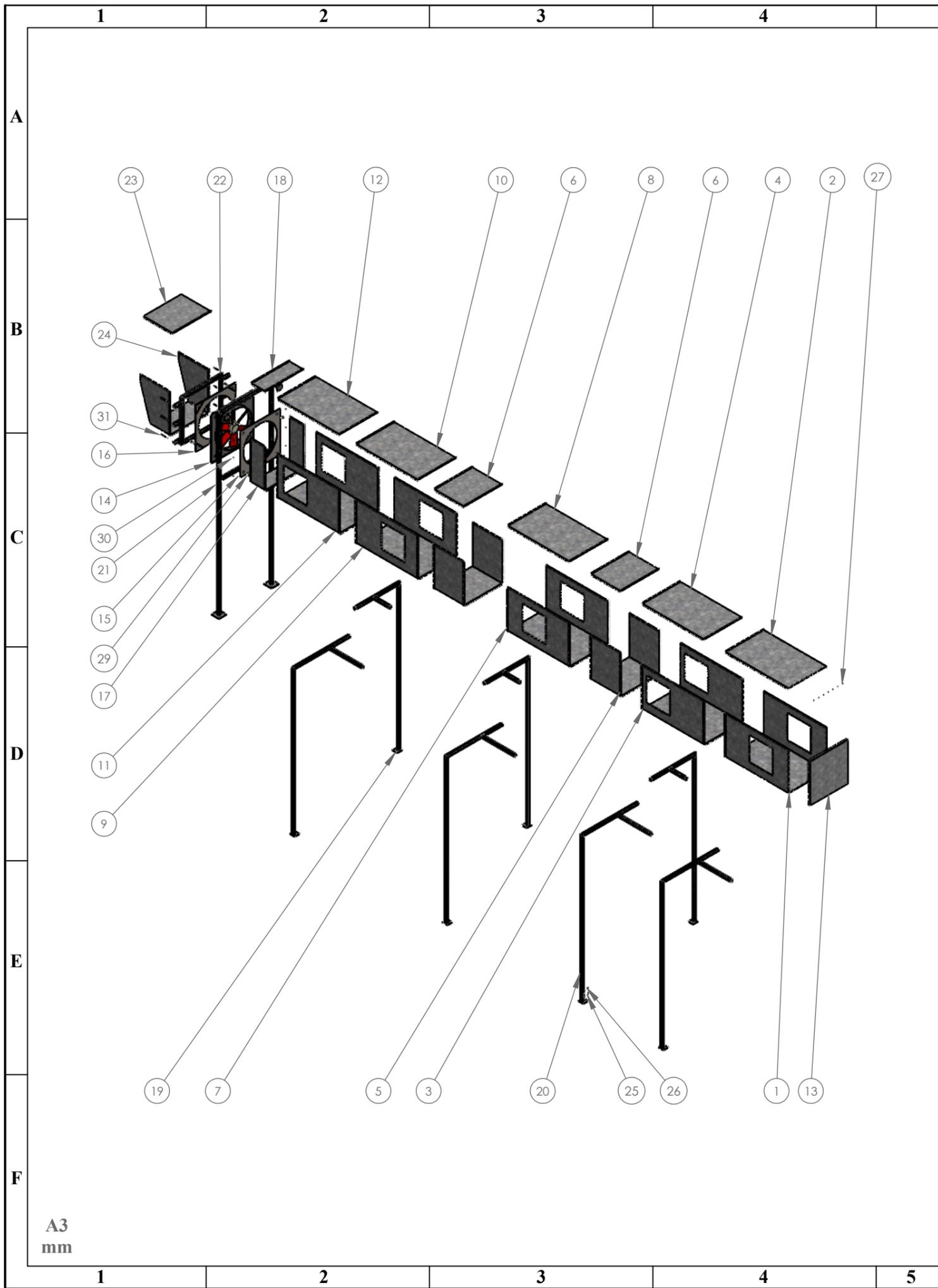


Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

N°. Lámina: 19 de 40		N°. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-PIC135-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371				Denominación: PANEL LATERAL IZQUIERDO CODO 135°							
Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
1,49		±0.3 [mm]		1:7							
Datos		Nombre		Firma		Fecha					
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/19					
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/19					
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05					
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07					
Materiales: ACERO GALVANIZADO				Nombre de archivo: Panel lateral izquierdo codo 135.sldprt							



Nº. Lámina: 20 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-DP-AD-P001-02-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		DUCTO PRINCIPAL				8426,4		±0.3 [mm]		1:50			
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/21													
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/21													
Revisó		Ing. Choto S.				2015/03/05													
Aprobó		Ing. Escobar M.				2015/03/07		Materiales: ACERO GALVANIZADO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Nombre de archivo: Ducto principal 725.SLDASM																			

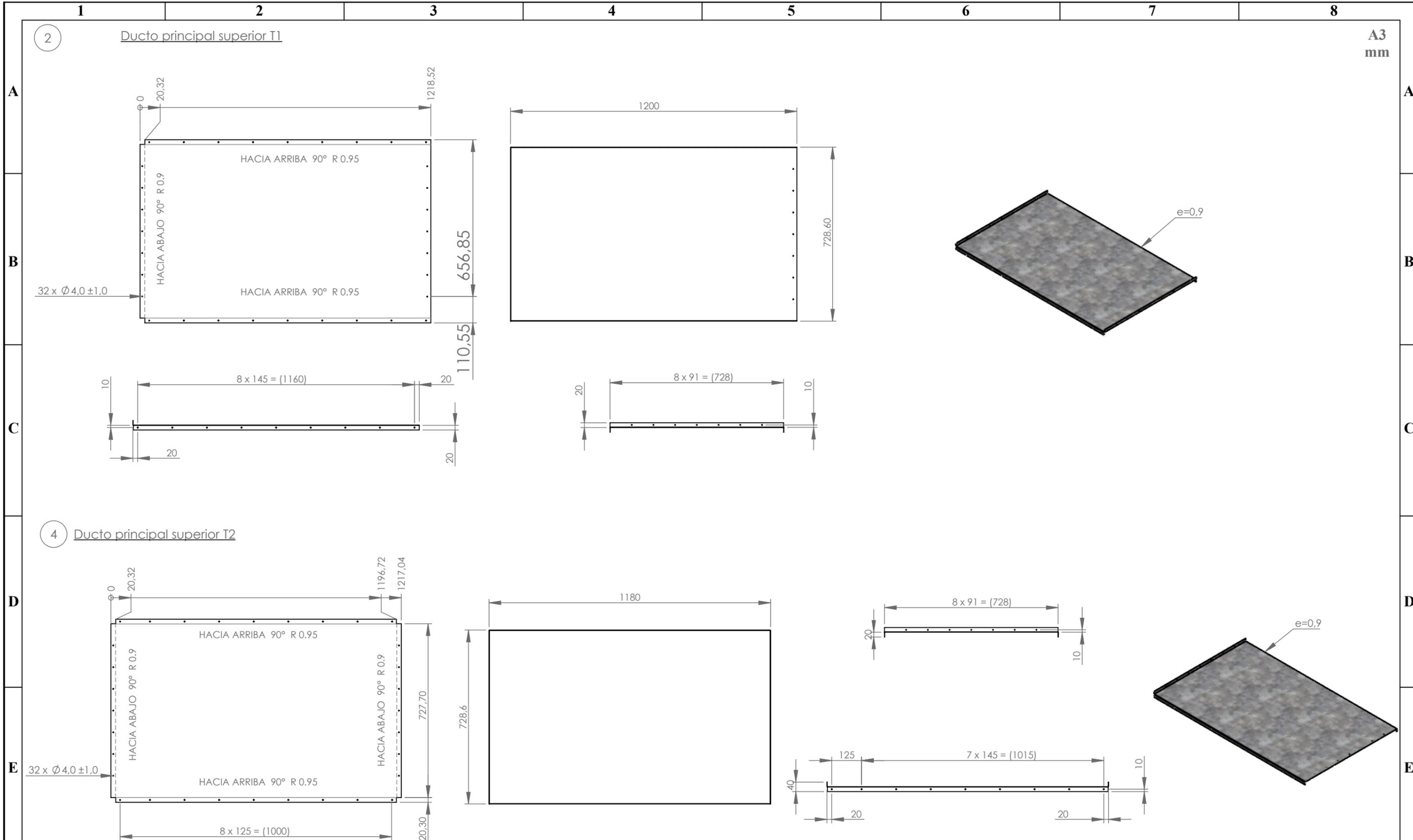


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	OBSERVACIÓN
1	Ducto principal inferior T1 725mmx1220mm	1	Tramo 1 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
2	Ducto principal superior T1 725mmx1220mm	1	Tramo 1 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
3	Ducto principal inferior T2 725mmx1220mm	1	Tramo 2 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
4	Ducto principal superior T2 725mmx1220mm	1	Tramo 2 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
5	Ducto principal inferior T3 725mmx1220mm	2	Tramo 3 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
6	Ducto principal superior T3 725mm x 1220mm	2	Tramo 3 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
7	Ducto principal inferior T4 725mm x 1220mm	1	Tramo 4 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
8	Ducto principal superior T4 725 mm x 1220mm	1	Tramo 4 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
9	Ducto principal inferior T5 725 mmx1220mm	1	Tramo 5 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
10	Ducto principal superior T5 725 mmx1220mm	1	Tramo 5 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
11	Ducto principal inferior T6 725 mmx1220mm	1	Tramo 6 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
12	Ducto principal superior T6 725 mmx1220mm	1	Tramo 6 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
13	Tapon ducto principal	1	Plancha 0.9 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
14	Ventilador axial HXT - 630	1	Ventilador axial cuadrado 630 HXT	-	Catálogo Soler & Palau megaambato@megafriosa.com
15	Placa base ventilador 630 H	1	Placa de 1 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
16	Soporte ventilador 630 H	1	Placa de 10 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
17	Ducto principal inferior T7 725 mmx1220mm	1	Tramo 7 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
18	Ducto principal superior T7 725 mmx1220mm	1	Tramo 7 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
19	Estructura ducto principal derecho	3	Tubo cuadrado 25.4x2 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
20	Estructura ducto principal	4	Tubo cuadrado 25.4x2 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
21	ESTRUCTURA VENTILADOR EXTERNO	1	Tubo cuadrado 25.4x2 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
22	Estructura base ventilador HXT 630	1	Tubo cuadrado 25.4x2 mm	Acero ASTM A36	Manufacturado
23	Ducto principal superior T8 725mm x 1220mm	1	Tramo 8 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
24	Ducto principal inferior T8 725mmx1220mm	1	Tramo 8 ducto principal 0.9 mm	Acero galvanizado	Manufacturado
25	AMCT A M10X60-N	2	Perno de anclaje 3/8x2 in	Acero aleado	Perno de anclaje de grado 8
26	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M10 x 1.5, with 15 WAF --N	2	Tuerca con arandela 3/8	Acero aleado	Tuerca con arandela de grado 8
27	Remache 5_32x3_8	323	Remaches 5/32x3/8 in	Acero aleado	Remaches con ala mínima de 1/4 in
28	HBOLT 0.6250-11x2x1.5-N	4	Perno 5/8 x 1.5 in	Acero aleado	Perno de grado 8
29	HHNUT 0.6250-11-D-N	4	Tuerca 5/8 in	Acero aleado	Tuerca de grado 8
30	HNUT 0.3750-16-D-S	6	Tuerca 3/8	Acero aleado	Tuerca de grado 8
31	HBOLT 0.3750-16x4.5x1-N	6	Pernos 3/8 x 4.5 in	Acero aleado	Perno de grado 8

Nº. Lámina: 21 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-DP-AD-P002-02-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		DUCTO PRINCIPAL				585,8		±0.3 [mm]		1:60			
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/21													
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/21													
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05													
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07		Materiales: ACERO GALVANIZADO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							



A3 mm



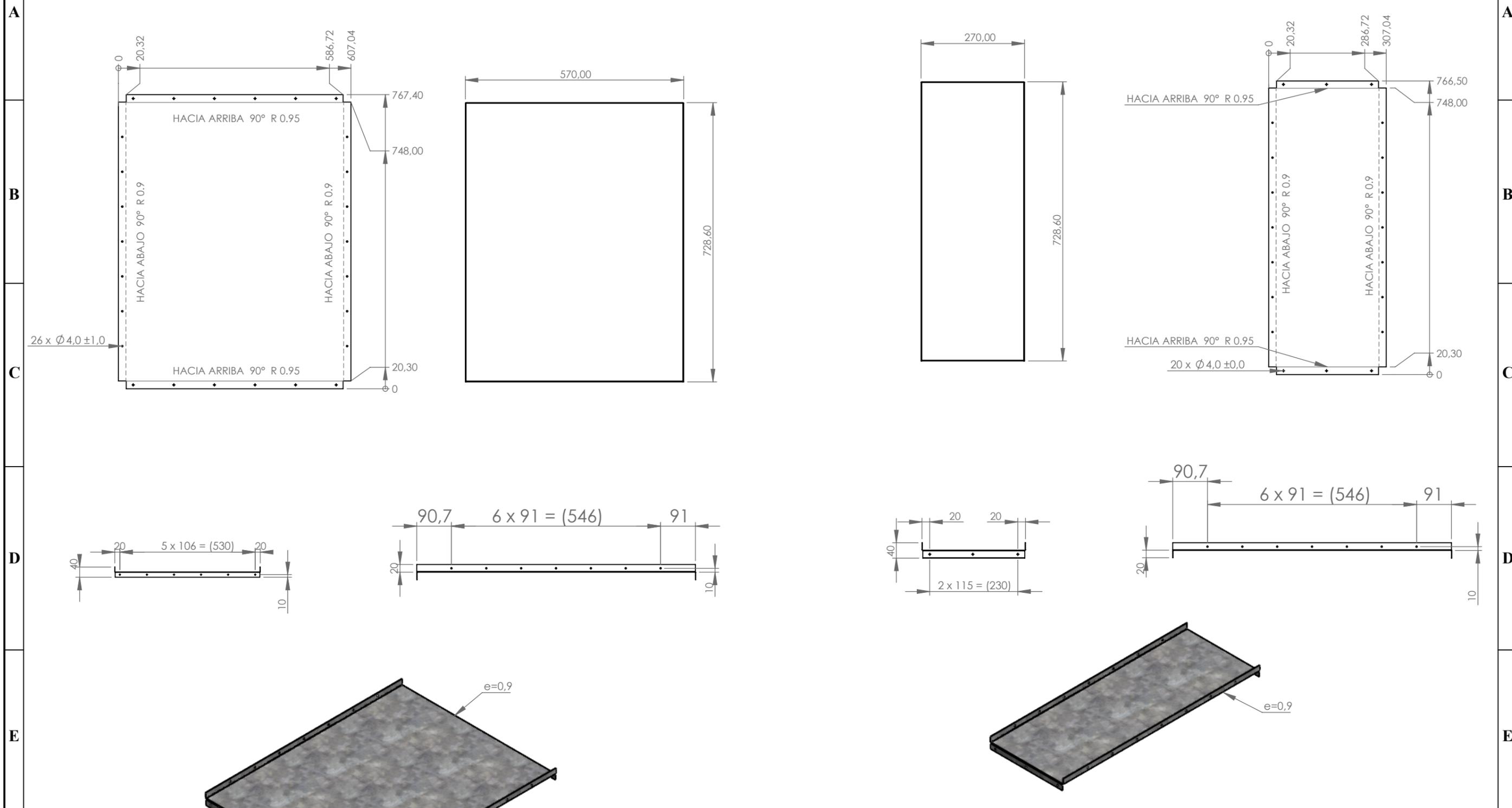
4 Ducto principal superior T2

- Notas:
1. Todas las perforaciones tiene 4 mm de diametro
 2. Las uniones transversales tienen perforaciones con una separación de 91 mm.
 3. El ducto principal superior T1 tiene perforaciones con separaciones de 145 mm.
 4. El ducto principal superior T2 tiene la misma configuración de perforaciones para T4, T5, T6, con una separación de 145 mm excepto en lo acotado.

Nº. Lámina: 22 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-TDPS-AD-P001-02-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		TRAMOS DEL DUCTO PRINCIPAL SUPERIOR				13,22		±0.3 [mm]		1:20			
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/21													
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/21													
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05													
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07		Materiales: ACERO GALVANIZADO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Nombre de archivo: Ducto princ superior T1&T2.sldprt																			

6 Ducto principal superior T3

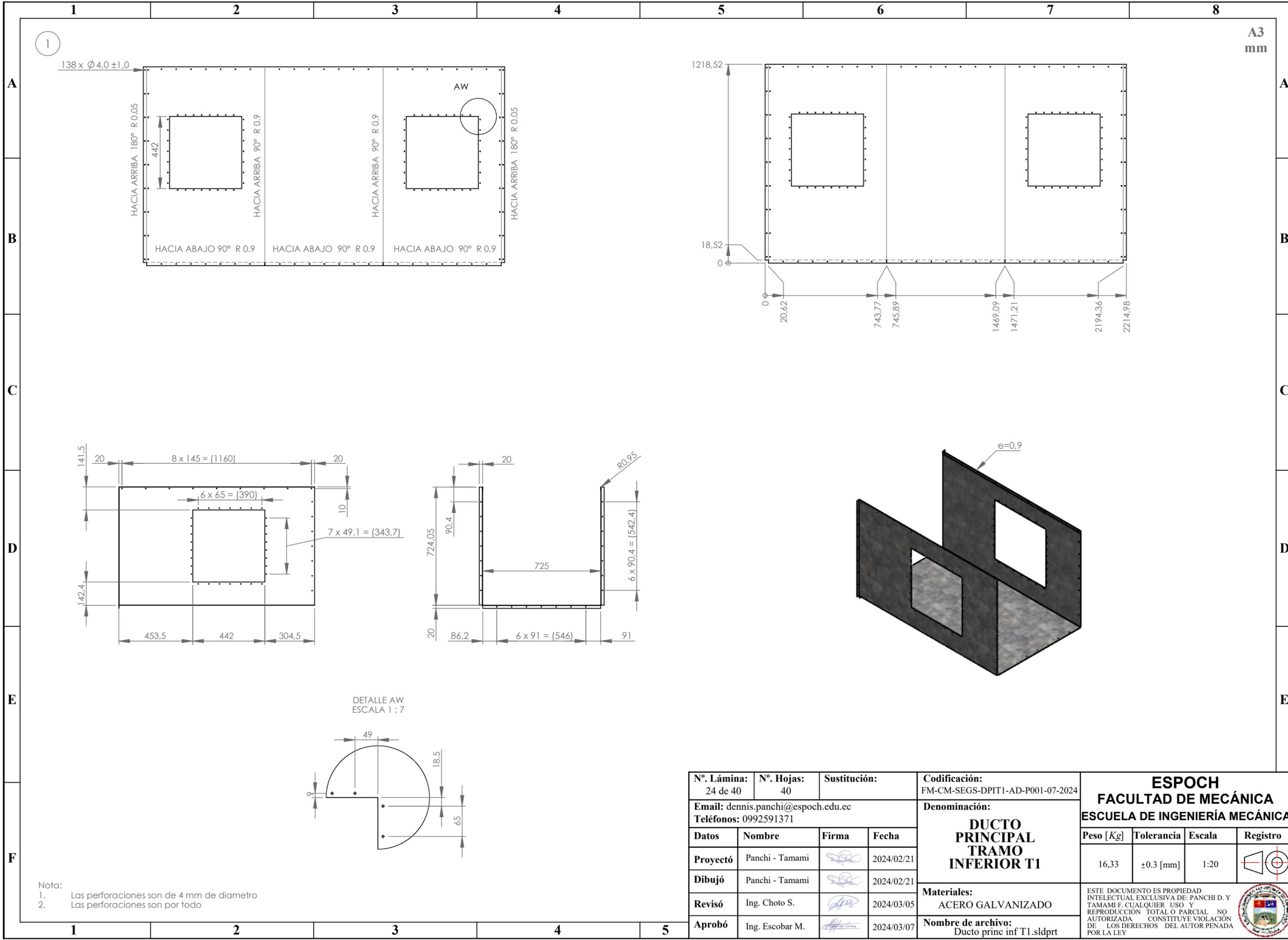
18 Ducto principal superior T7



Notas:
 1.El ducto principal superior T3 tiene perforaciones con separaciones de 106 mm.
 2.El ducto principal superior T7 tiene perforaciones con separaciones de 117.5 mm.

Nº. Lámina: 23 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-TDPS-AD-P002-02-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: TRAMOS DEL DUCTO PRINCIPAL SUPERIOR					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					4,93	±0.3 [mm]	1:10	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/21					ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/21								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07			Materiales: ACERO GALVANIZADO		Nombre de archivo: Ducto princ super T3 & T7.sldprt			





A3
mm

1

138 x Ø4,0 ±1,0

HACIA ARRIBA 180° R 0.05

HACIA ARRIBA 90° R 0.9

HACIA ARRIBA 90° R 0.9

HACIA ARRIBA 180° R 0.05

HACIA ABAJO 90° R 0.9

HACIA ABAJO 90° R 0.9

HACIA ABAJO 90° R 0.9

AW

1218,52

18,52

0

20,62

743,77

745,89

1469,09

1471,21

2194,36

2214,98

141,5

20

8 x 145 = (1160)

20

10

6 x 65 = (390)

7 x 49.1 = (343,7)

142,4

453,5

442

304,5

724,05

90,4

20

725

6 x 90,4 = (542,4)

20

86,2

6 x 91 = (546)

91

R0,95

e=0,9

DETALLE AW
ESCALA 1 : 7

49

18,5

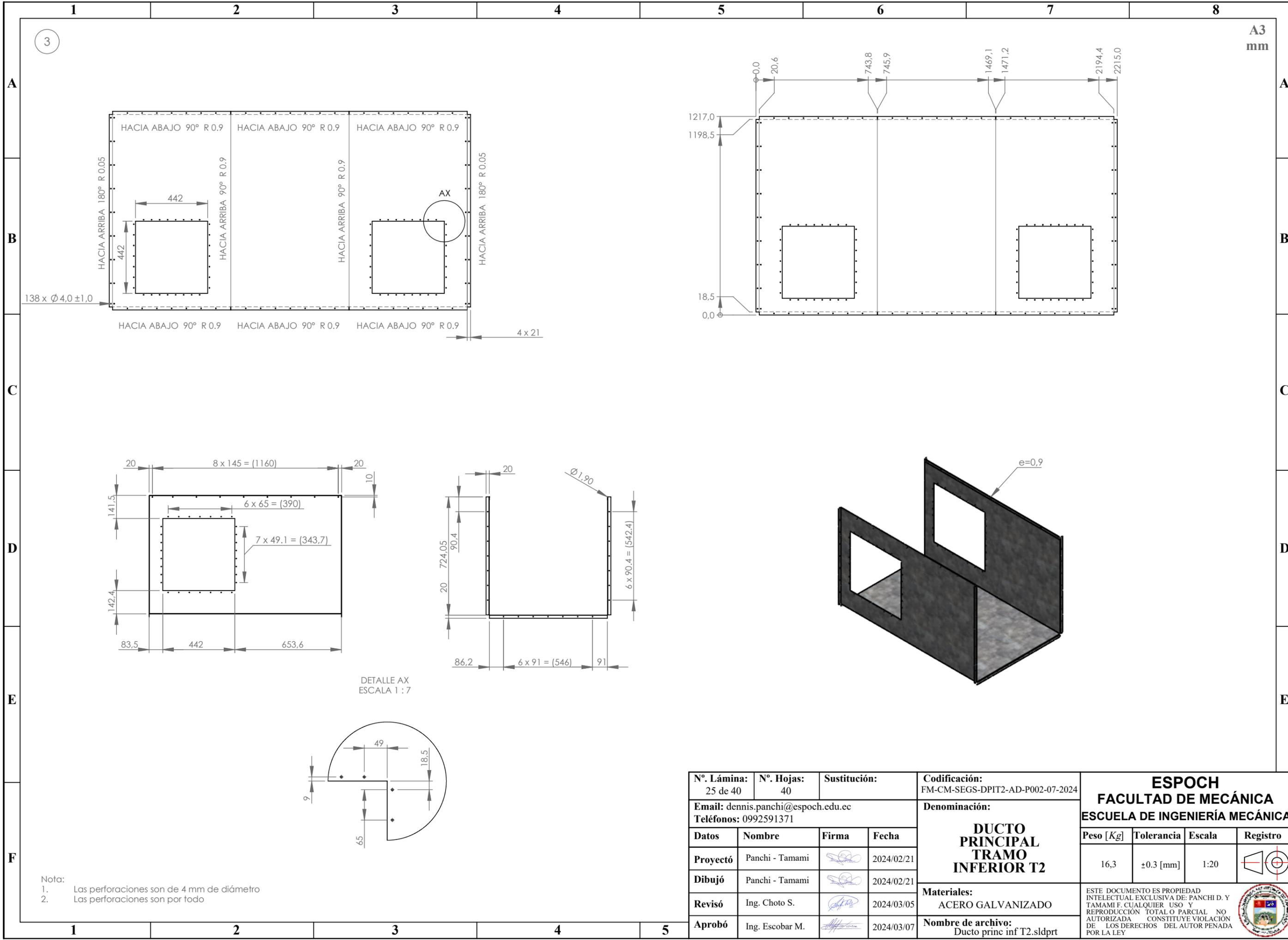
65

Nota:

- Las perforaciones son de 4 mm de diametro
- Las perforaciones son por todo

Nº. Lámina: 24 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-DPIT1-AD-P001-07-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: DUCTO PRINCIPAL TRAMO INFERIOR T1						Peso [Kg]
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ACERO GALVANIZADO		Nombre de archivo: Ducto princ inf T1.sldprt		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY				
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/21	Revisó		Ing. Choto S.		16,33		±0.3 [mm]	1:20	
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/21	Aprobó		Ing. Escobar M.						
			2024/03/05									
			2024/03/07									





Nota:
 1. Las perforaciones son de 4 mm de diámetro
 2. Las perforaciones son por todo

Nº. Lámina: 25 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-DPIT2-AD-P002-07-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: DUCTO PRINCIPAL TRAMO INFERIOR T2					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ACERO GALVANIZADO		Nombre de archivo: Ducto princ inf T2.sldprt		16,3	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/21	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/21								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07								

1

2

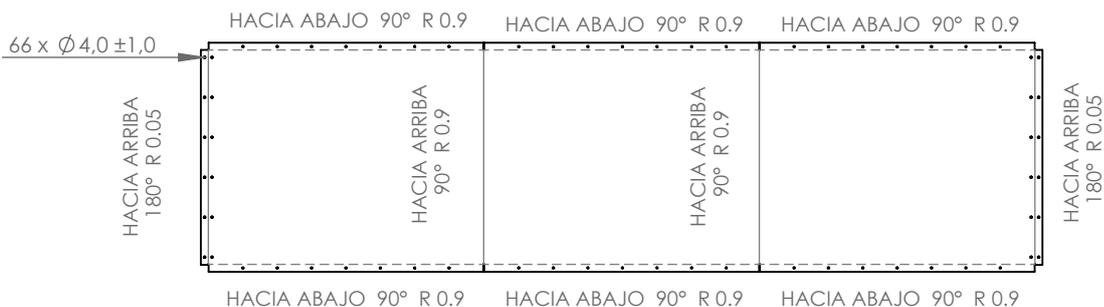
3

4

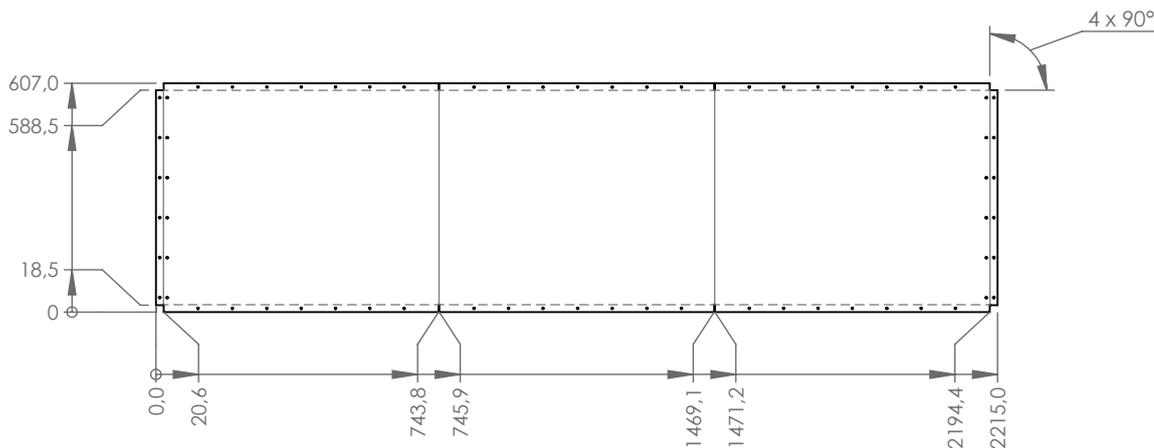
5

A4
mm

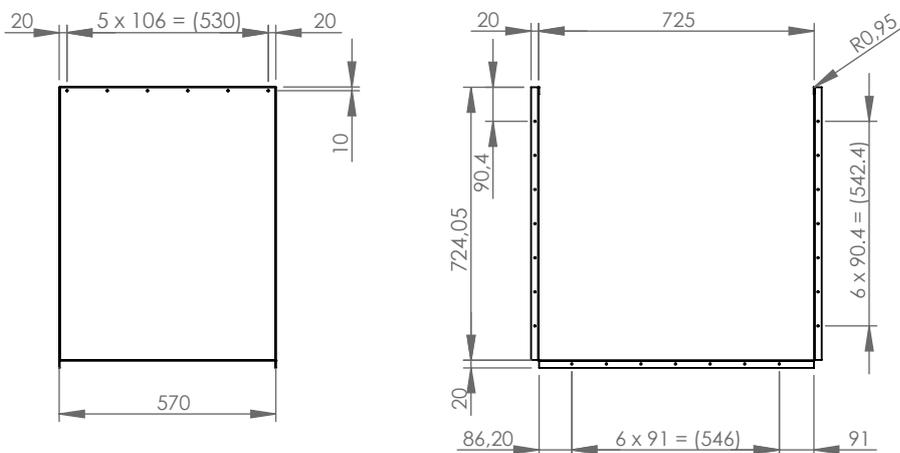
A



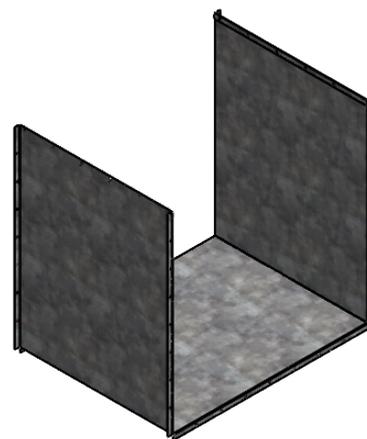
B



C



D



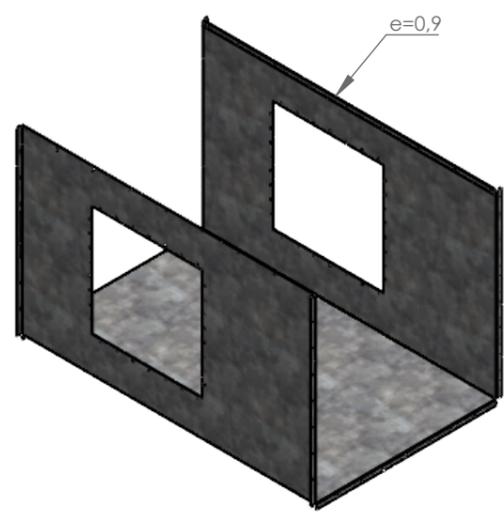
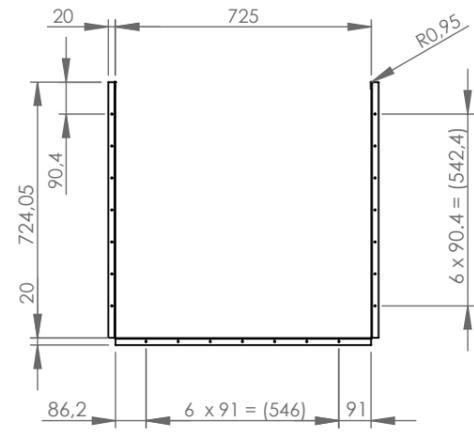
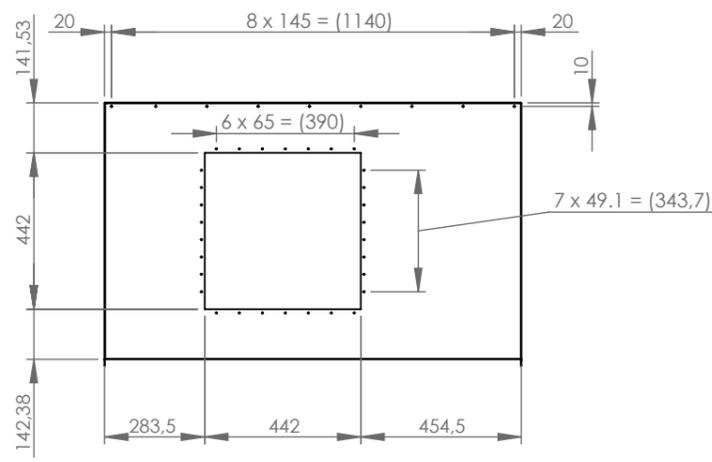
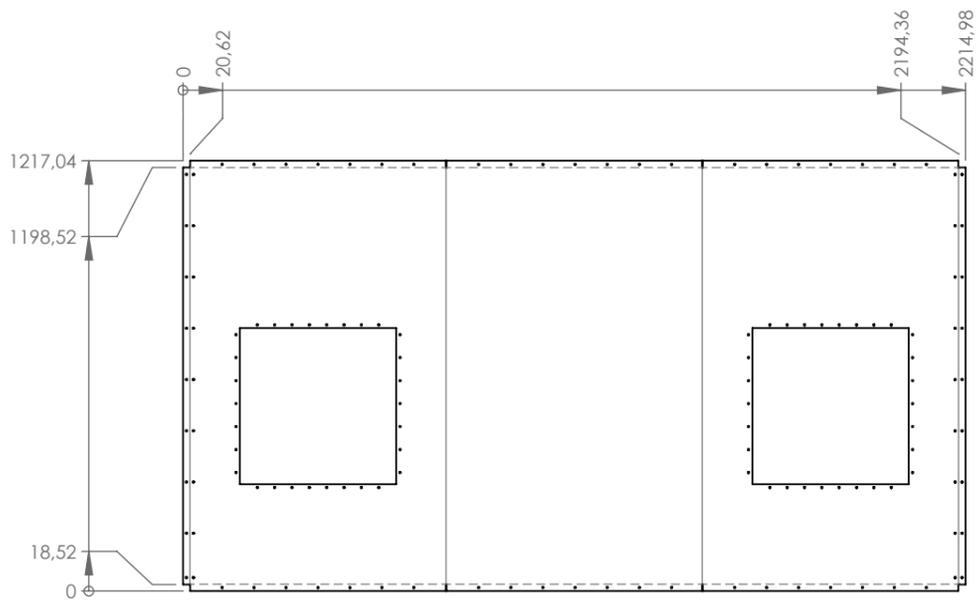
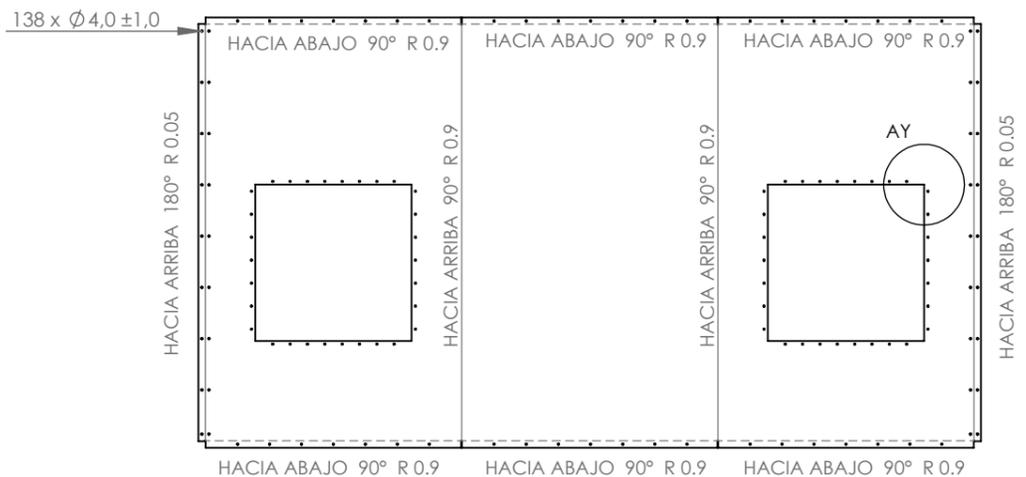
E

Nota:

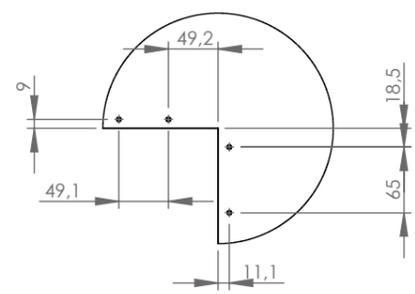
- Las perforaciones son de 4 mm de diámetro
- Las perforaciones son por todo

N°. Lámina: 26 de 40		N°. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-DPIT3-AD-P003-07-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						DUCTO PRINCIPAL TRAMO INFERIOR T3									
Datos		Nombre		Firma								Fecha		Peso [Kg]	
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/21		9,49		±0.3 [mm]		1:20			
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/21		Materiales: ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05									
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07		Nombre de archivo: Ducto princ inf T3.sldprt							

7



DETALLE AY
ESCALA 1 : 7

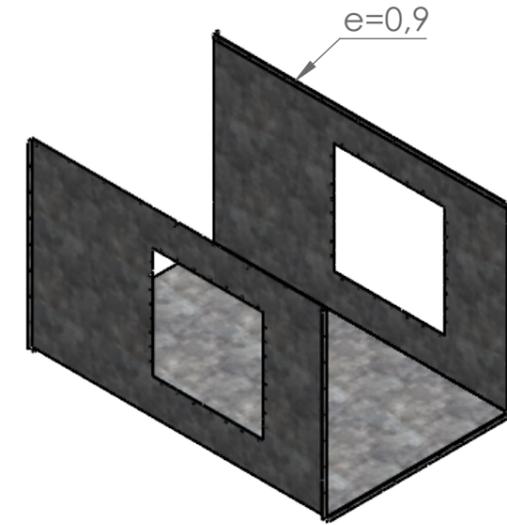
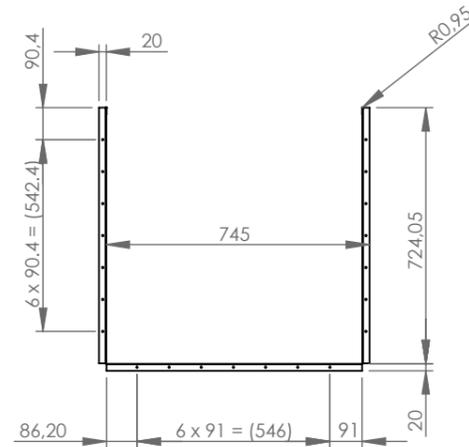
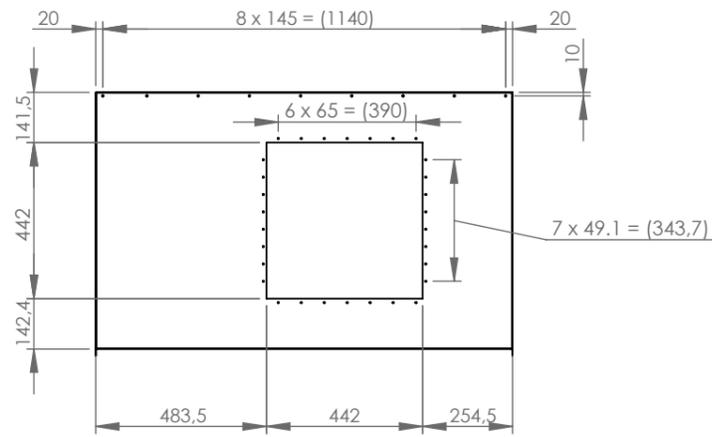
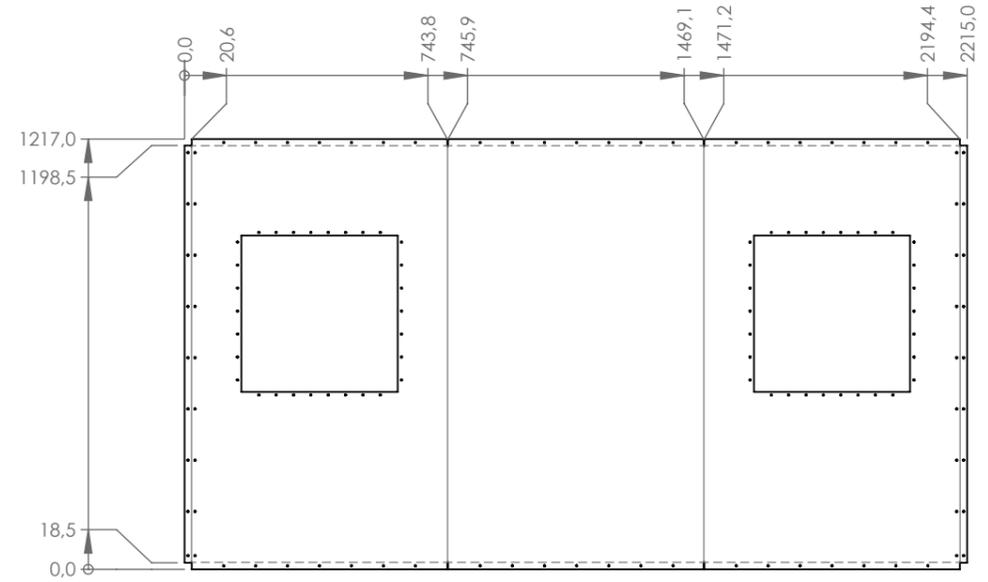
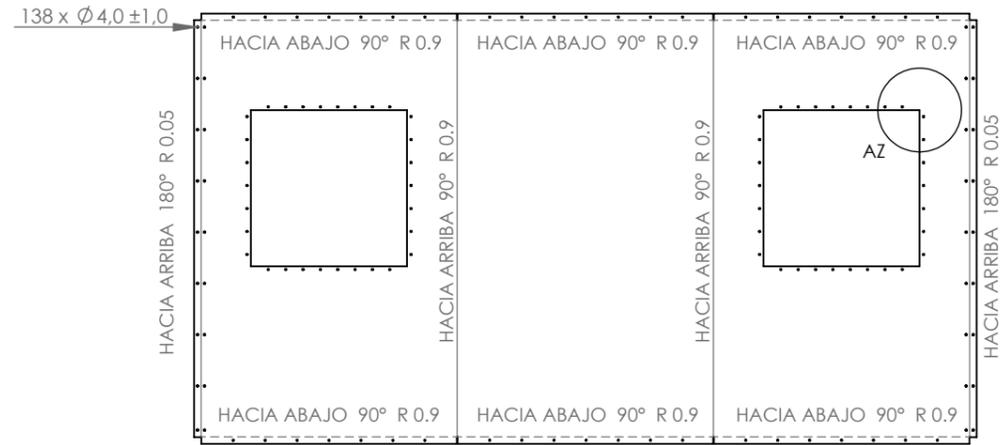


Nota:
1. Las perforaciones son de 4 mm de diámetro
2. Las perforaciones son por todo

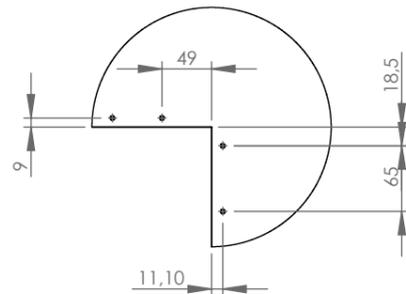
Nº. Lámina: 27 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-DPIT4-AD-P004-07-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: DUCTO PRINCIPAL TRAMO INFERIOR T4					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Proyectó		Dibujó		16,3	± 0.3 [mm]	1:20	
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05	Aprobó		Ing. Escobar M.		Materiales: ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY	
Nombre de archivo: Ducto princ inf T4.sldprt											

9

A3
mm



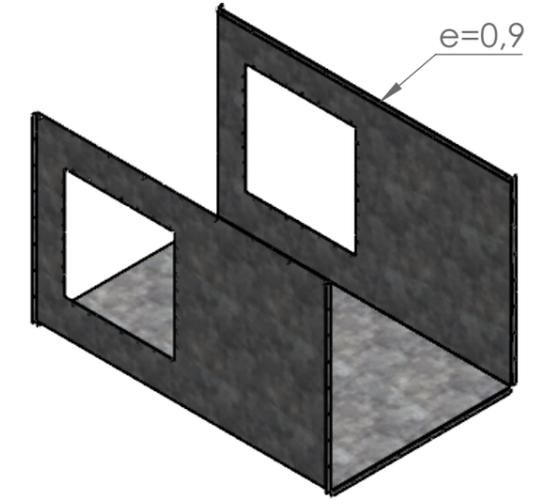
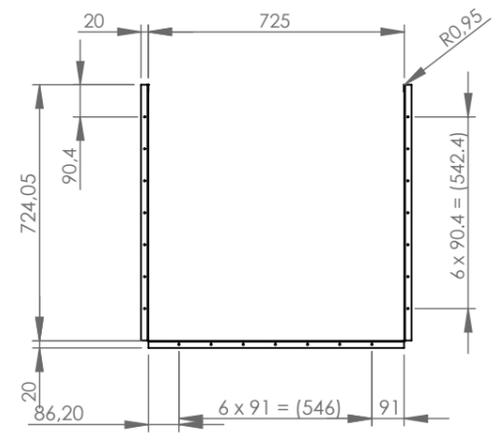
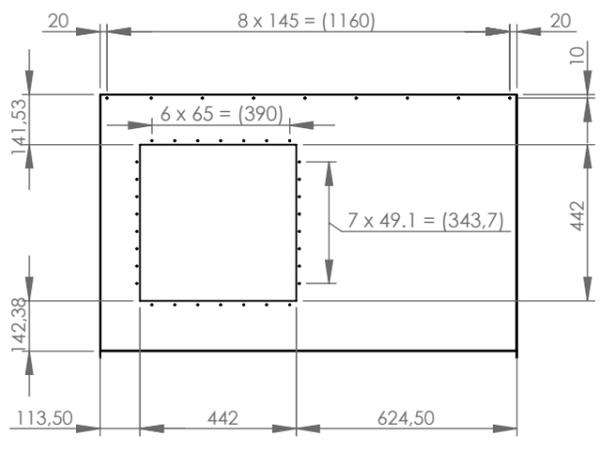
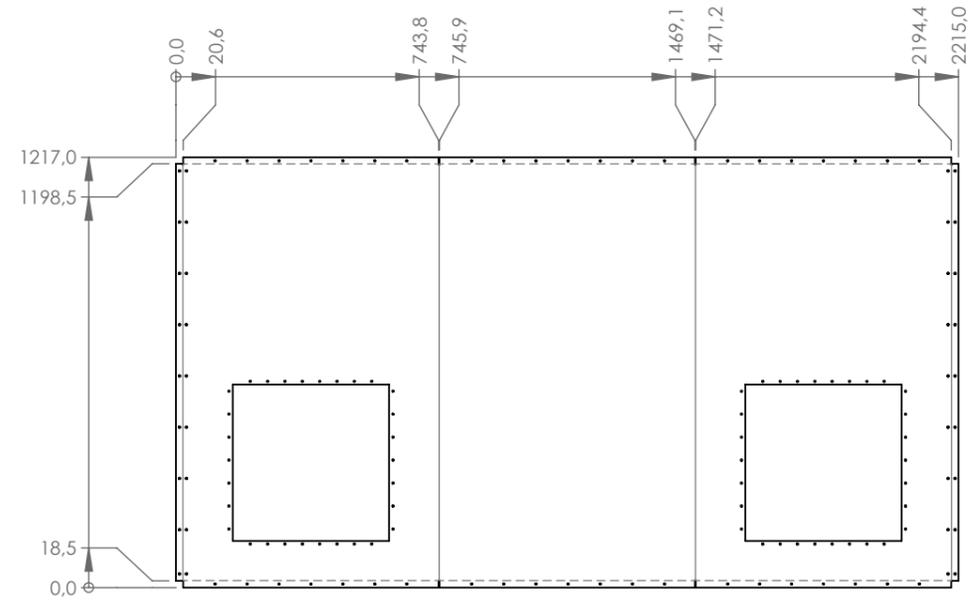
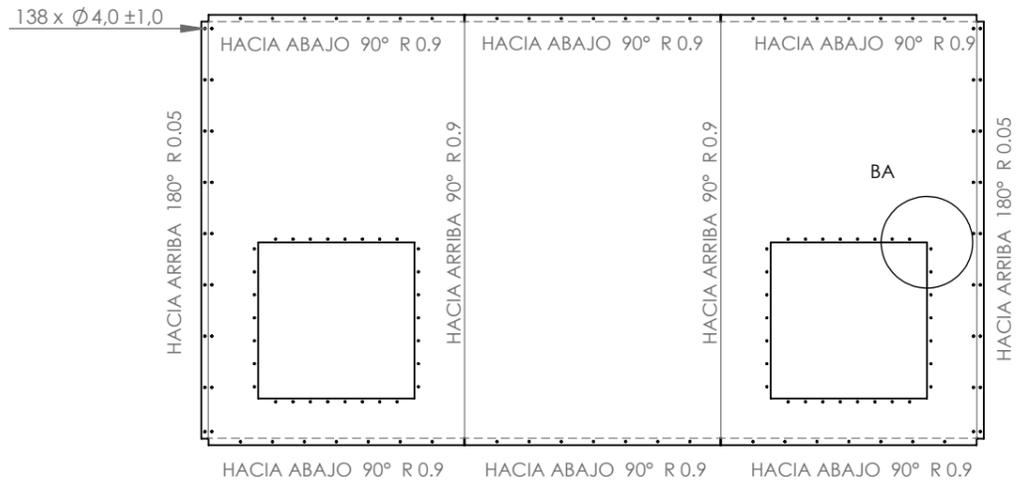
DETALLE AZ
ESCALA 1 : 7



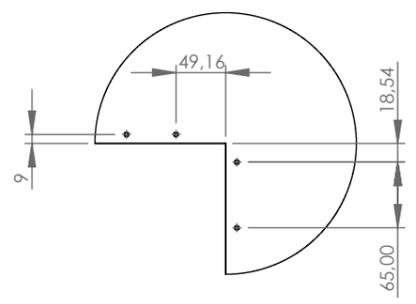
- Nota:
- Las perforaciones son de 4 mm de diámetro
 - Las perforaciones son por todo

Nº. Lámina: 28 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-DPIT5-AD-P005-07-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: DUCTO PRINCIPAL TRAMO INFERIOR T5					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					16,3	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/21								
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/21								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07								
						Materiales: ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
						Nombre de archivo: Ducto princ inf T5.sldprt					

11



DETALLE BA
ESCALA 1 : 7



- Nota:
1. Las perforaciones son de 4 mm de diámetro
 2. Las perforaciones son por todo

Nº. Lámina: 29 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-DPIT6-AD-P006-07-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: DUCTO PRINCIPAL TRAMO INFERIOR T6					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ACERO GALVANIZADO		Nombre de archivo: Ducto princ inf T6.sldprt		16,3	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/21	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/21								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07								

17

A4
mm

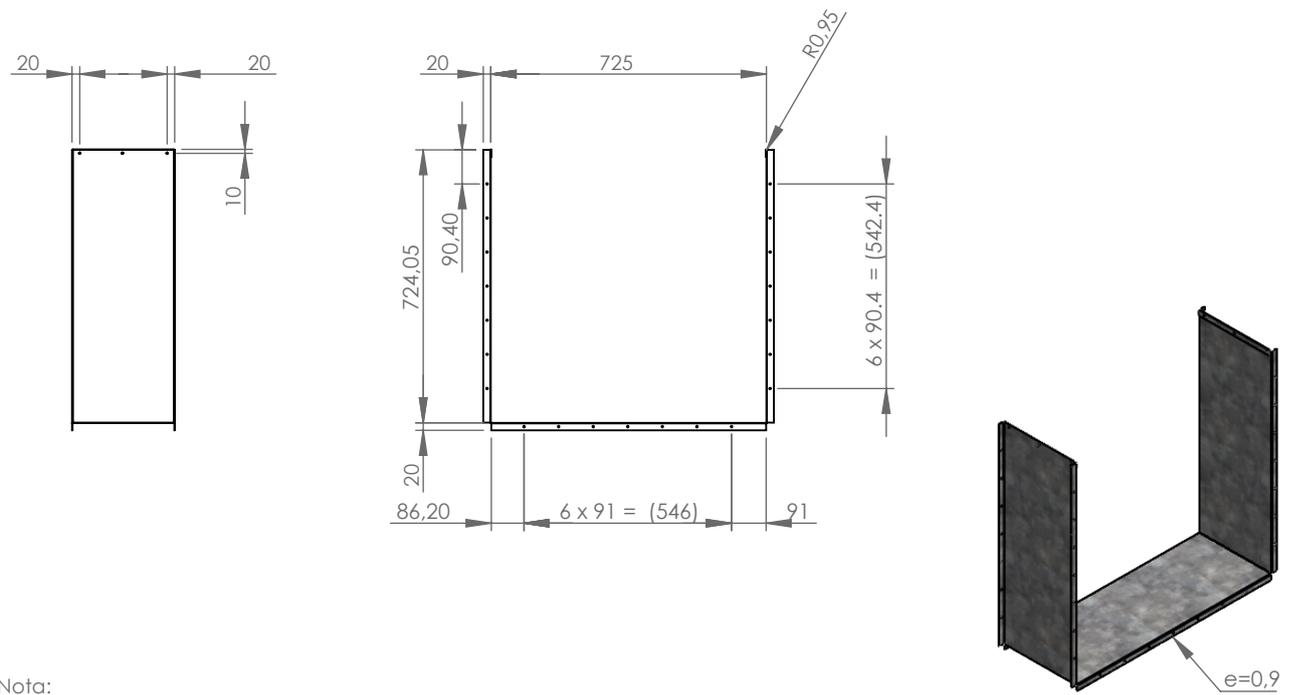
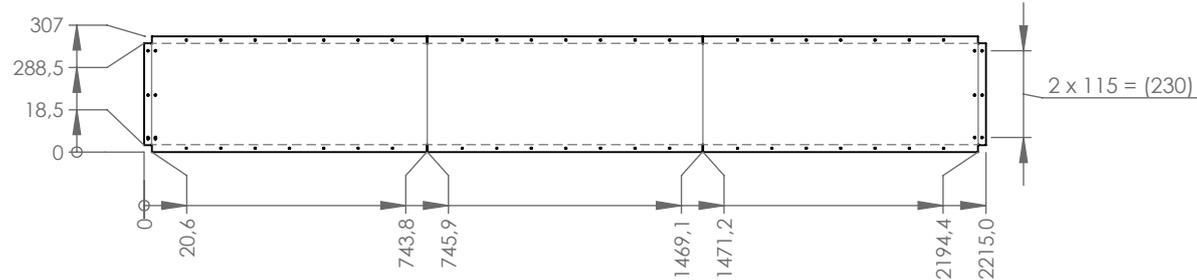
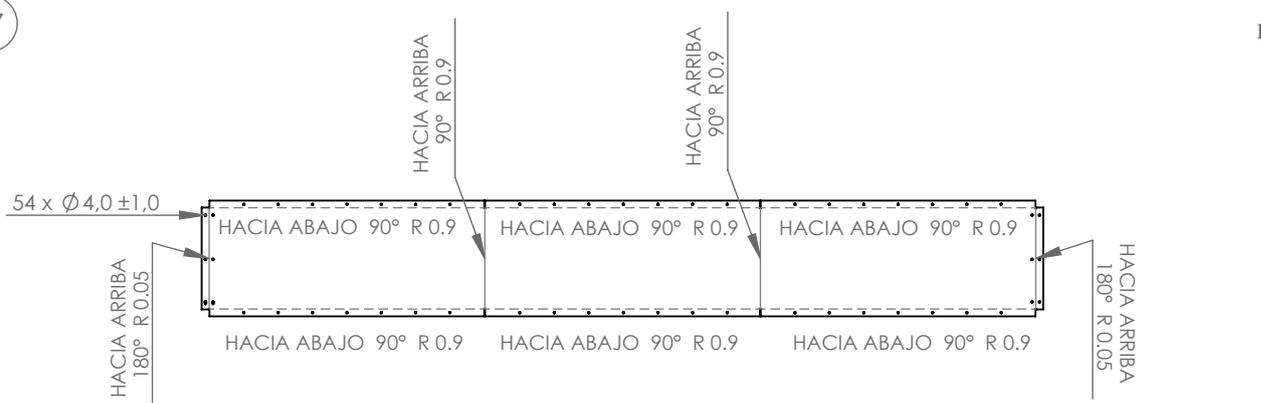
A

B

C

D

E



Nota:
 1. Las perforaciones son de 4 mm de diámetro
 2. Las perforaciones son por todo

N°. Lámina: 30 de 40		N°. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-DPIT7-AD-P007-07-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: DUCTO PRINCIPAL TRAMO INFERIOR T7					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					4,8	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/21								
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/21								
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05			Materiales: ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07			Nombre de archivo: Ducto princ inf T7.sldprt					

1

2

3

4

15

A4
mm

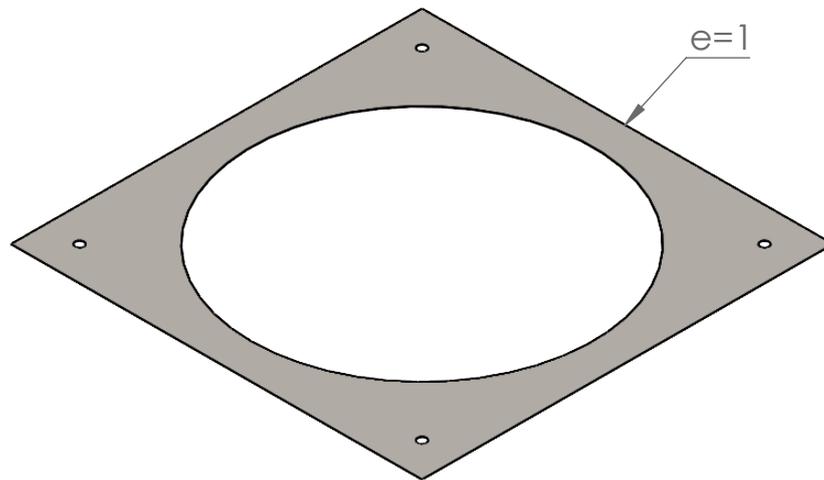
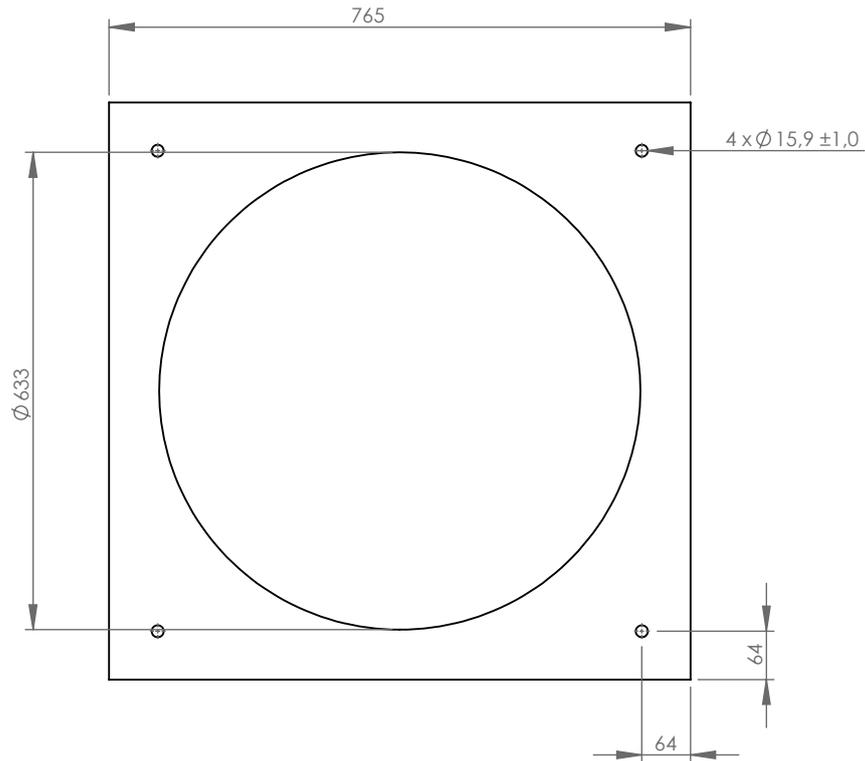
A

B

C

D

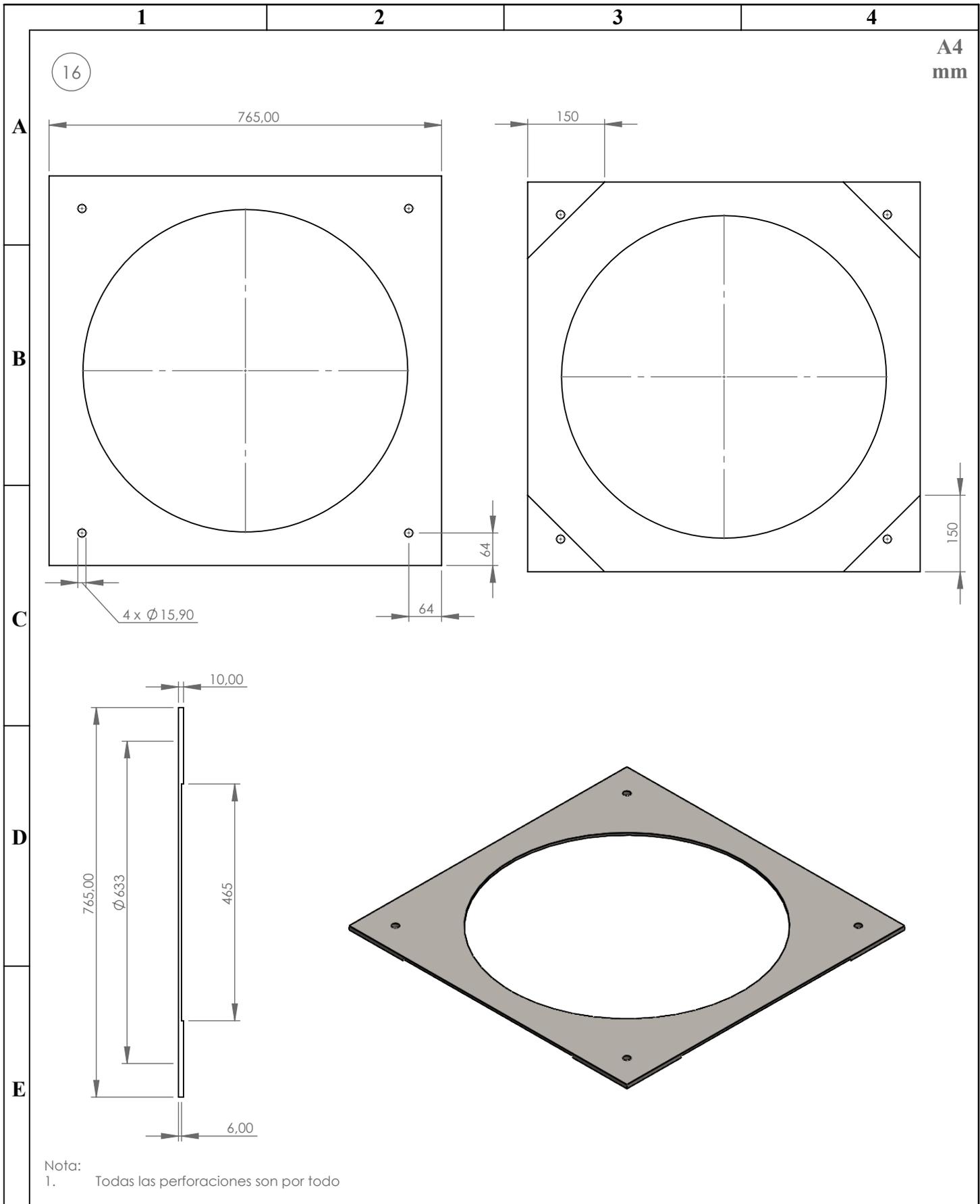
E



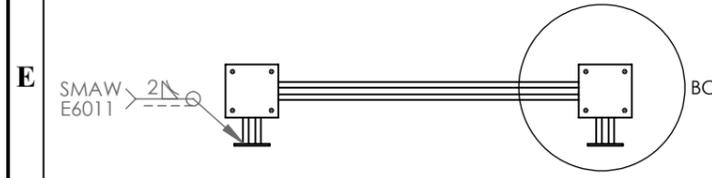
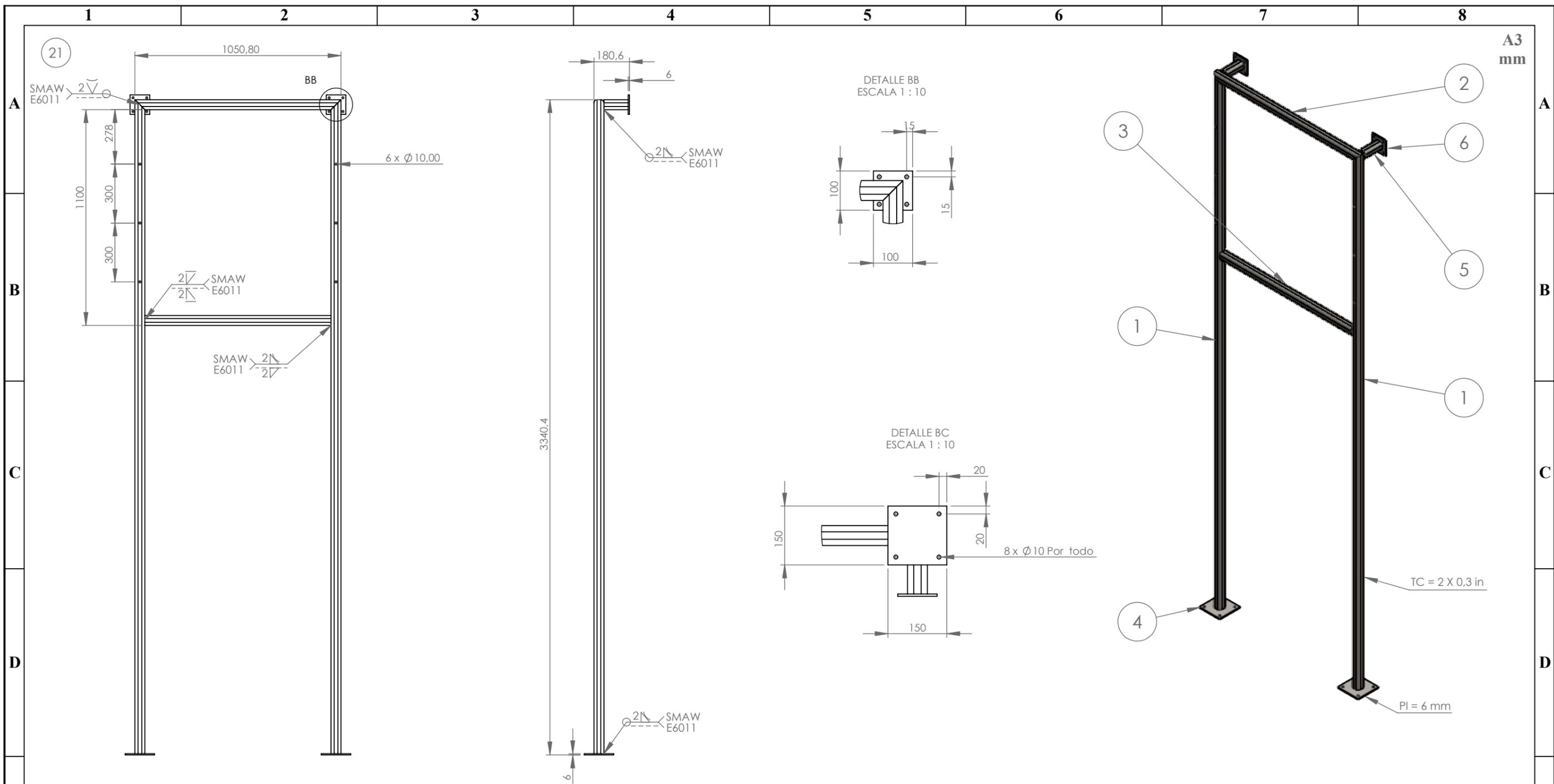
Nota:

1. Todas las perforaciones son por todo

N°. Lámina: 31 de 40		N°. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-PBV630-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						PLACA BASE VENTILADOR HXT 630 H		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma				Fecha		1,48		±0.3 [mm]		1:10	
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/21		Materiales: ACERO GALVANIZADO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/21									
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05		Nombre de archivo: Placa base ventilador 630.sldprt							
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07									



Nº. Lámina: 32 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-SV630-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: SOPORTE VENTILADOR HXT 630 H					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ACERO GALVANIZADO							
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/21	Nombre de archivo: Soporte ventilador 630.sldprt		14,09	±0.3 [mm]	1:10			
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/21			ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05								
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07								



N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	2	TS2x2x0.3125	3334.4
2	1	TS2x2x0.3125	1050.8
3	1	TS2x2x0.3125	949.2
4	2		
5	2	TS2x2x0.3125	123.8
6	2		

Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

N.º DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	2	∇	1205.294	Electrodo revestido	1
2	2	∨	202.272	Electrodo revestido	1
3	2	∨	372.664	Electrodo revestido	1

Nº. Lámina: 33 de 40	Nº. Hojas: 40	Sustitución:	Codificación: FM-CM-SEGS-EV630-AD-P001-01-2024	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371			Denominación:		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	ESTRUCTURA VENTILADOR HXT 630 H		86,36	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/21	Materiales: ACERO ASTM A36		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/21						
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05						
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07	Nombre de archivo: Estructura ventilador externo.sldprt					

A

B

C

D

E

F

A

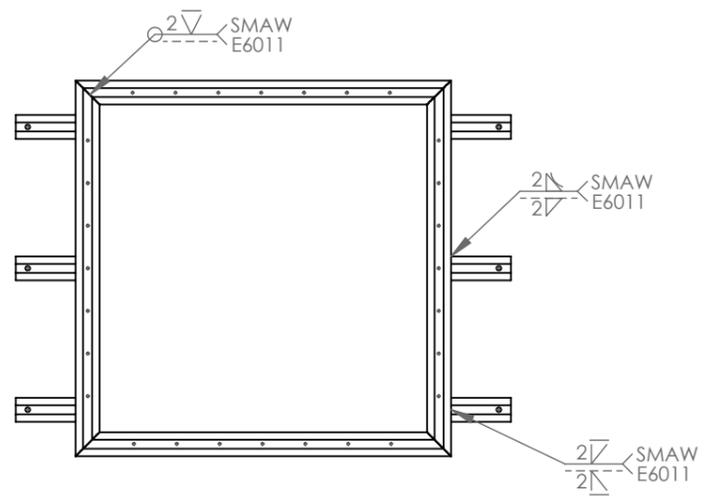
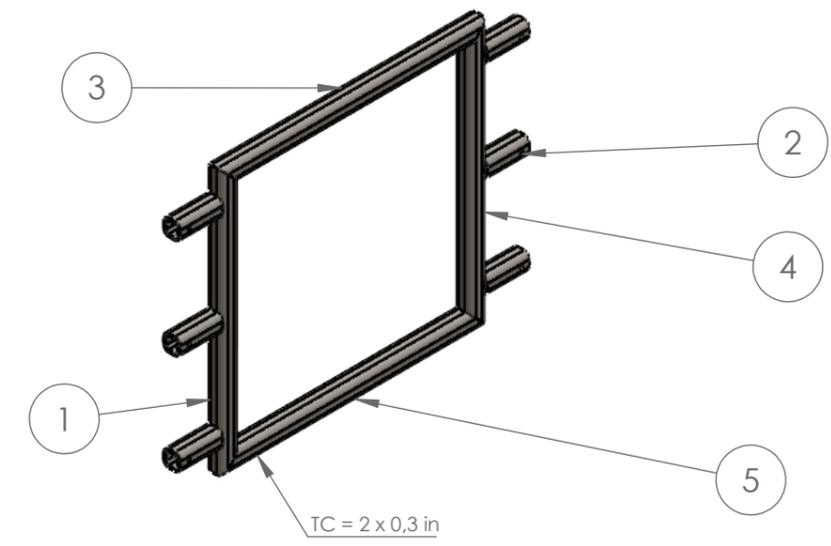
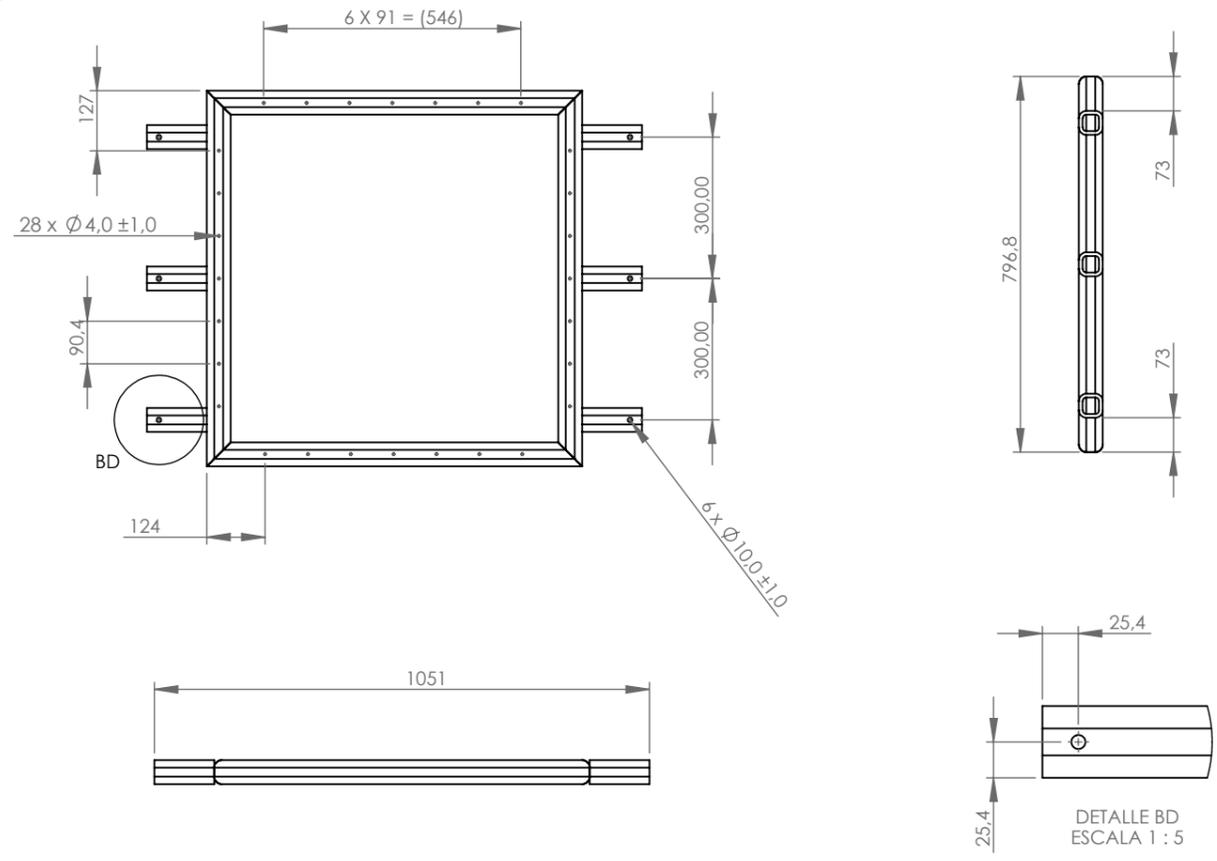
B

C

D

E

22

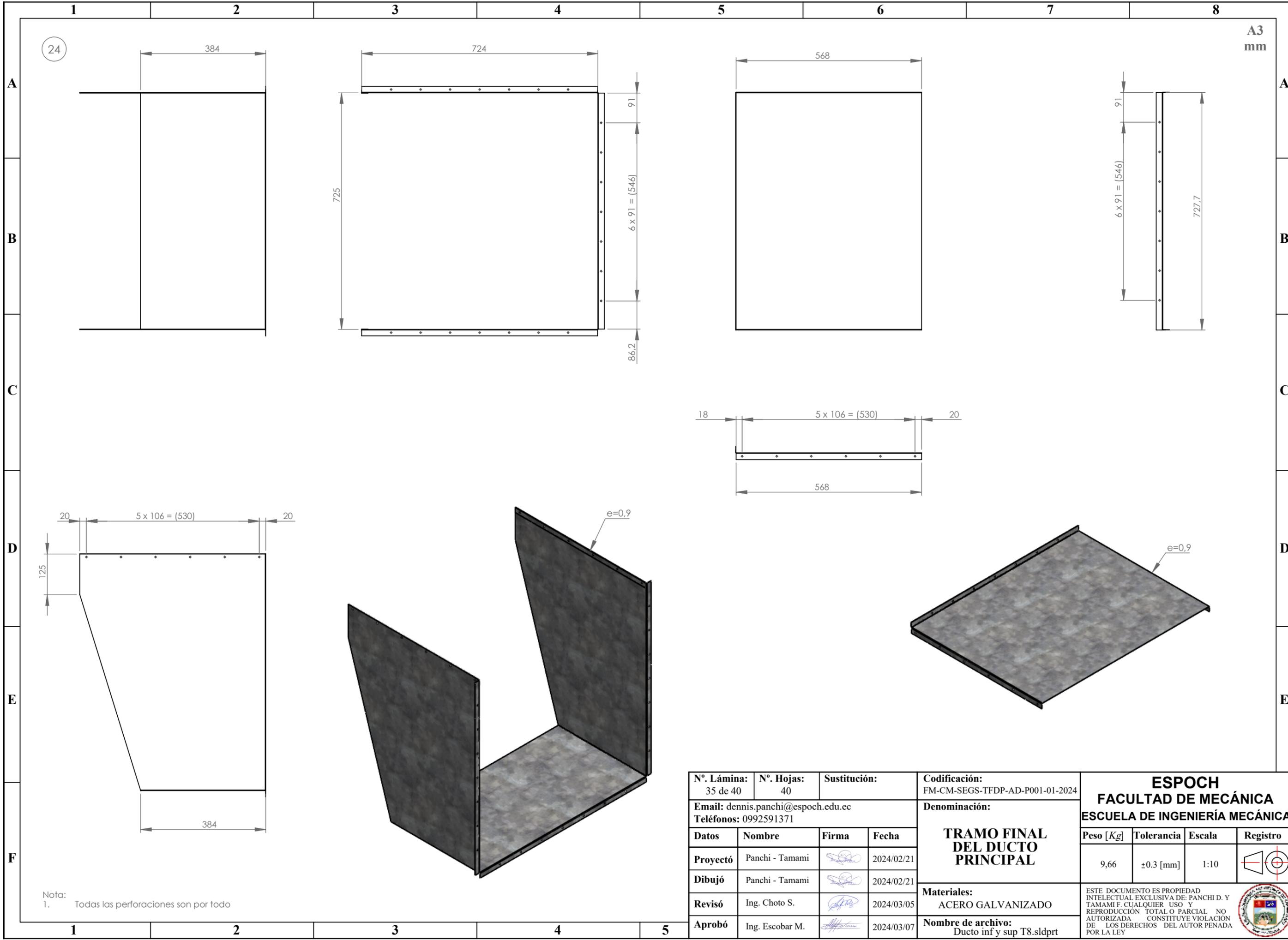


Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	1	TS2x2x0.3125	796.8
2	6	TS2x2x0.3125	127.03
3	1	TS2x2x0.3125	796.75
4	1	TS2x2x0.3125	796.8
5	1	TS2x2x0.3125	796.75

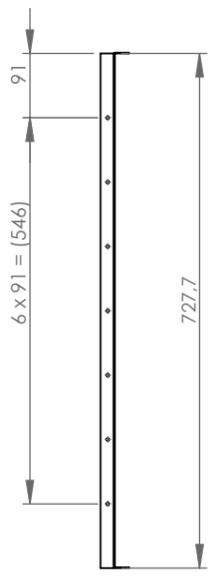
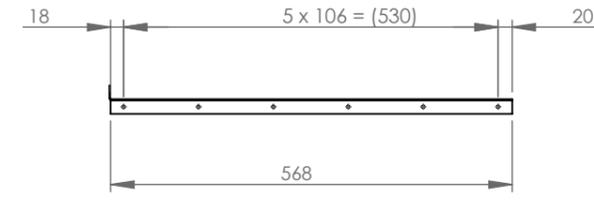
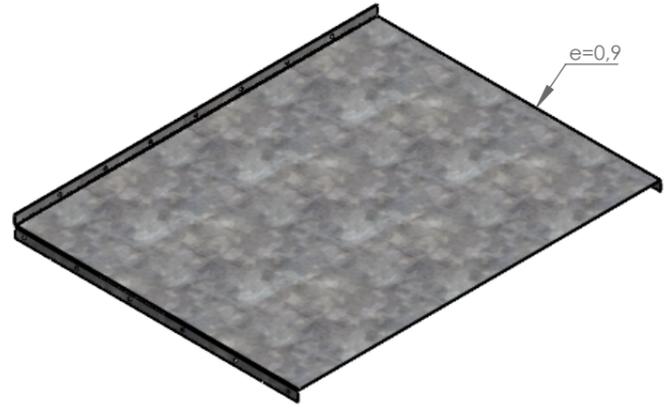
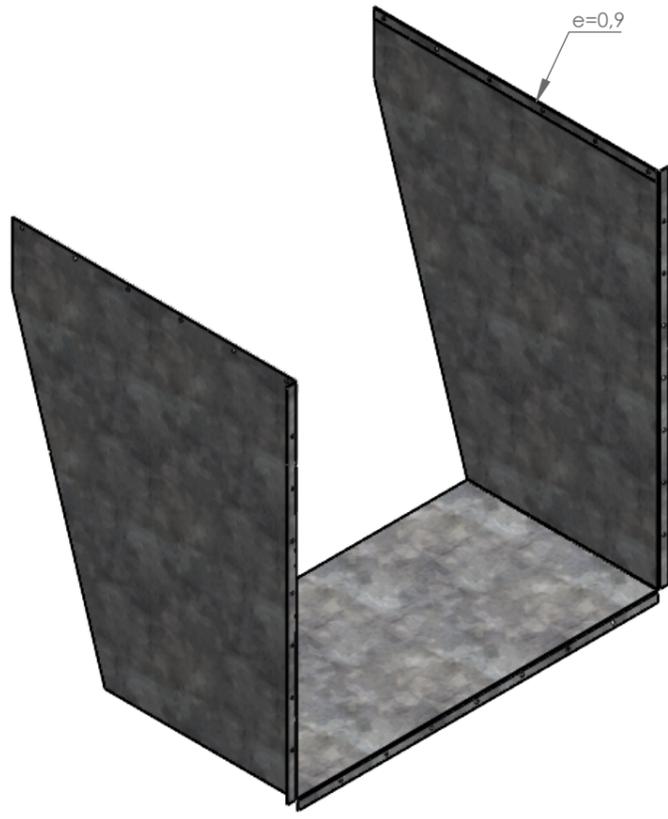
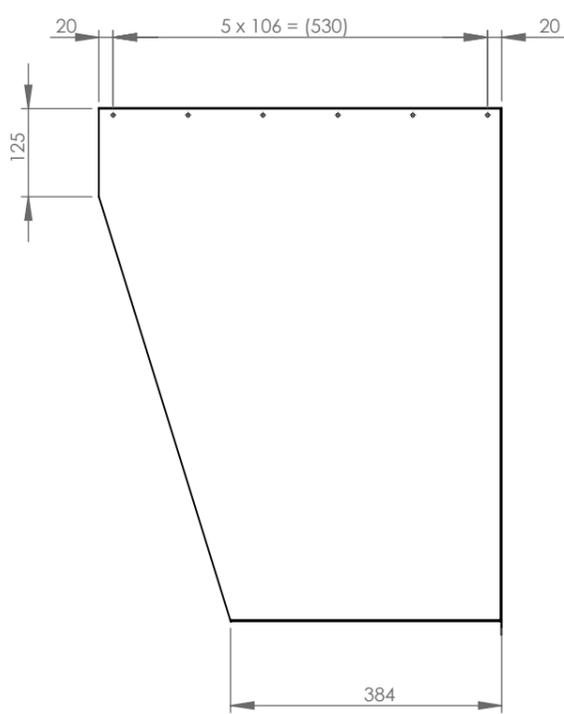
N.º DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	2	√	213.272	Electrodo revestido	4
2	2	△	68.923	Electrodo revestido	12
3	2	√	19.05	Electrodo revestido	12

Nº. Lámina: 34 de 40	Nº. Hojas: 40	Sustitución:	Codificación: FM-CM-SEGS-EBV630-AD-P001-01-2024	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371			Denominación: ESTRUCTURA BASE VENTILADOR HXT 630 H				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ACERO ASTM A36	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY		
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/21				
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/21				
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05				
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07	Nombre de archivo: Estructura base ventilador.sldprt			



24

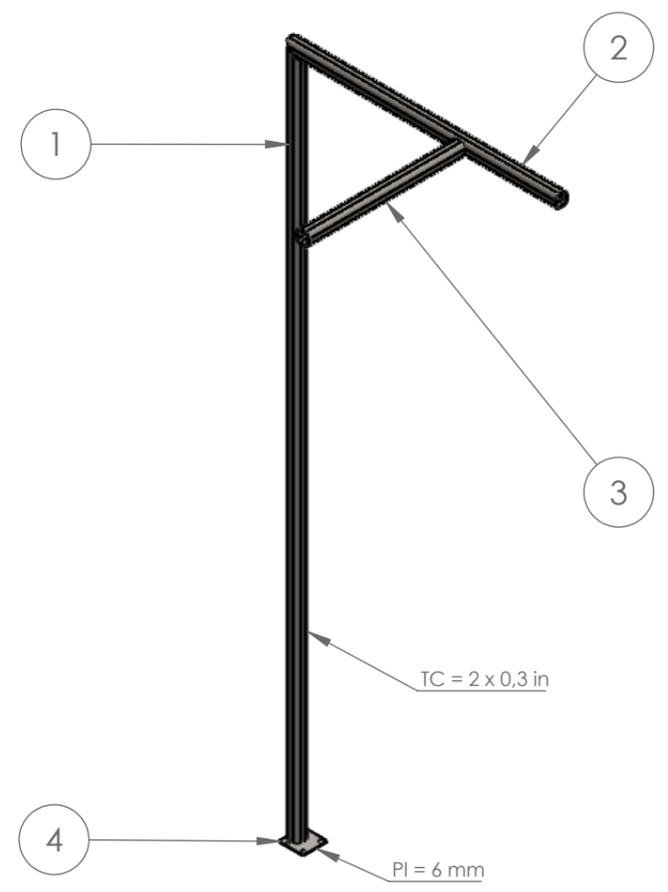
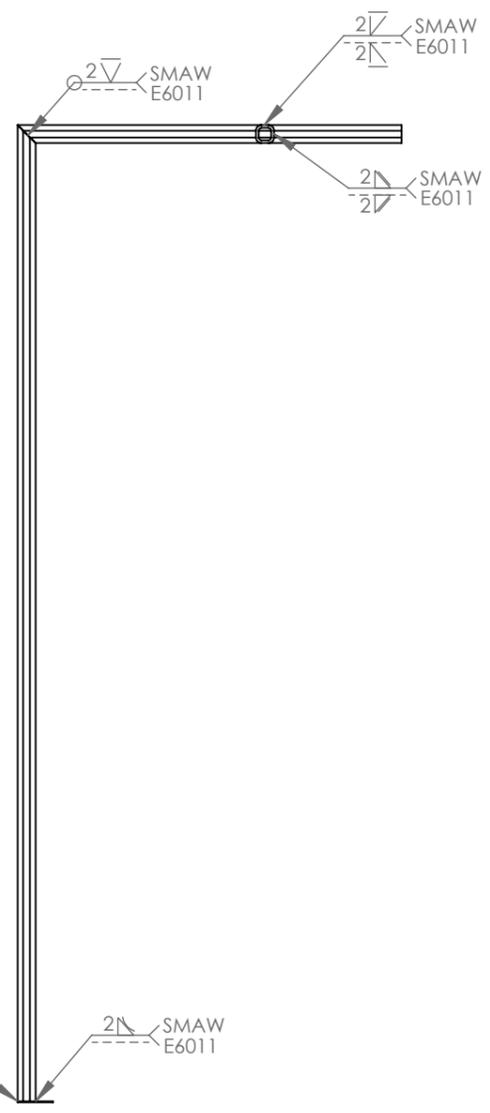
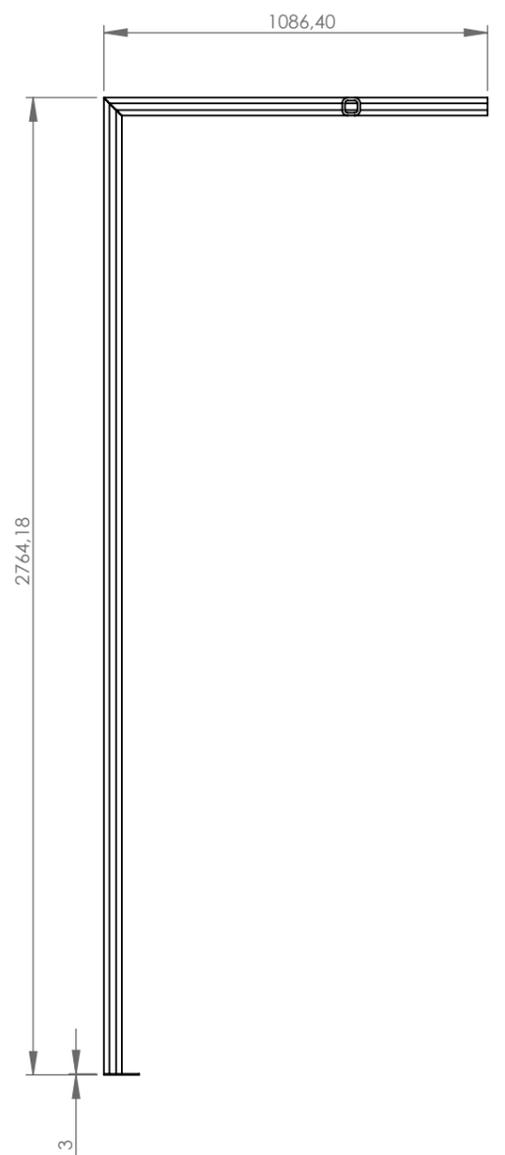
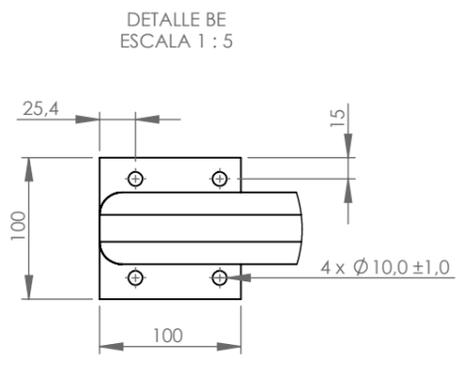
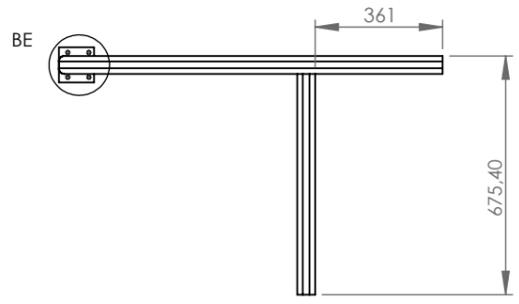
A3 mm



Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

Nº. Lámina: 35 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-TFDP-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		TRAMO FINAL DEL DUCTO PRINCIPAL				9,66		±0.3 [mm]		1:10			
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/21													
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/21													
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05													
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07		Materiales: ACERO GALVANIZADO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA. CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Nombre de archivo: Ducto inf y sup T8.sldprt																			

20



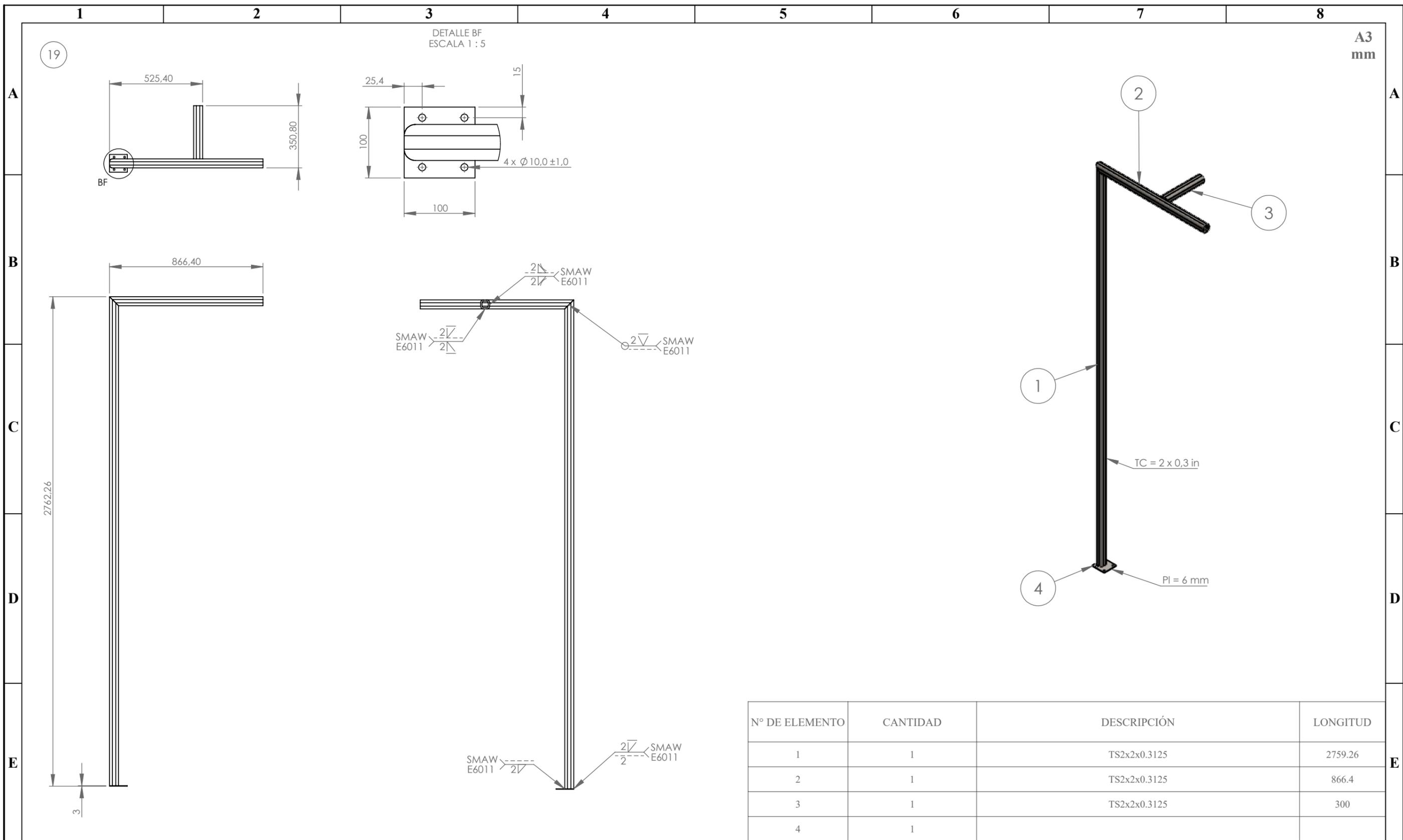
Nota:
1. Todas las perforaciones son por todo

N.º DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	2	∇	156.896	Electrodo revestido	1
2	2	∇	68.923	Electrodo revestido	2
3	2	√	19.05	Electrodo revestido	2
4	2	√	100	Electrodo revestido	1
5	2	√	213.272	Electrodo revestido	1

Nº DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	1	TS2x2x0.3125	2761.18
2	1	TS2x2x0.3125	1086.4
3	1	TS2x2x0.3125	624.6
4	1		

Nº. Lámina: 36 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-EDPI-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		ESTRUCTURA DEL DUCTO PRINCIPAL IZQUIERDO				14,09		±0.3 [mm]		1:20			
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/25													
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/25													
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05													
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07		Materiales: ACERO ASTM A36				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELCTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							



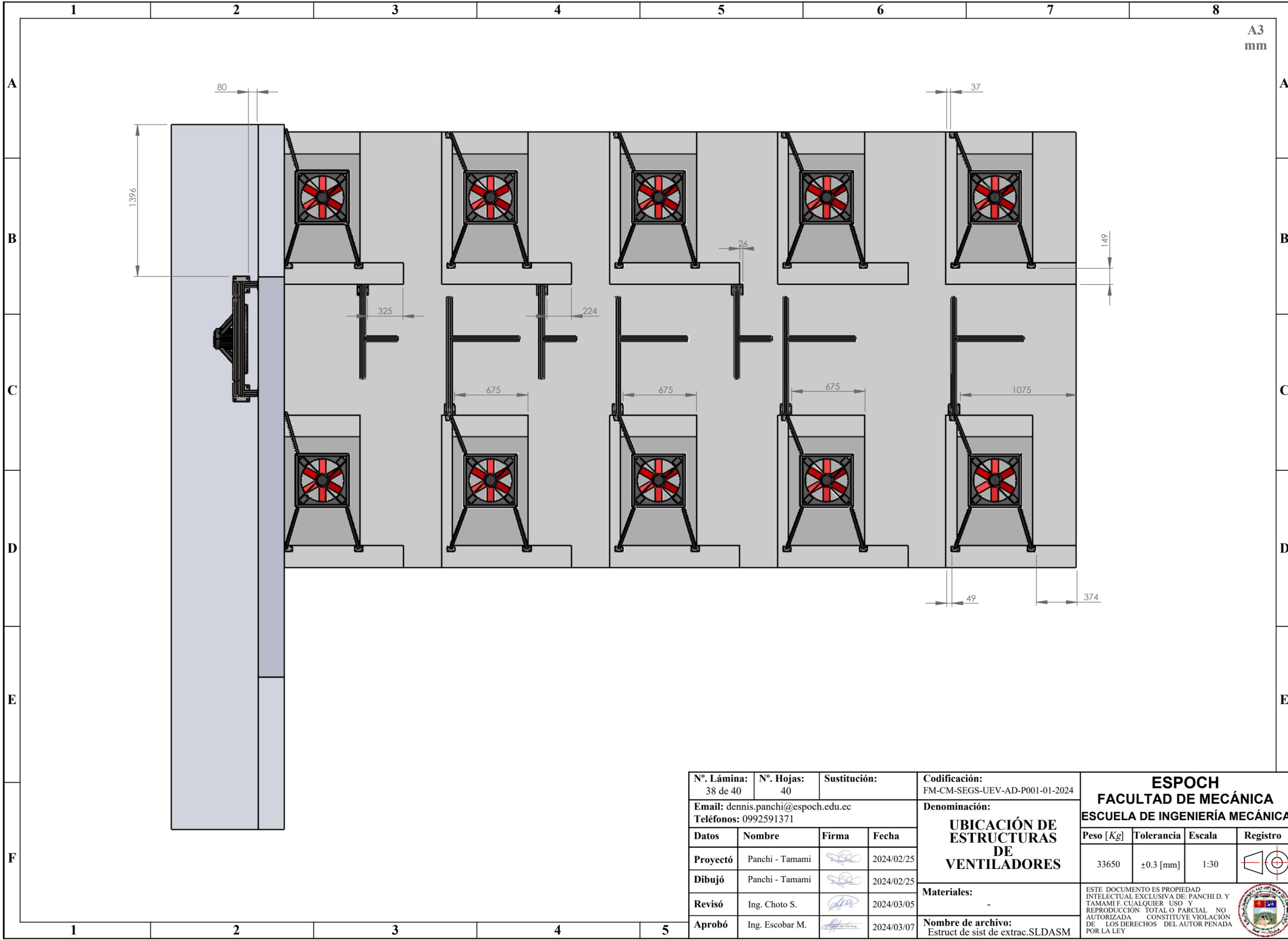


N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	1	TS2x2x0.3125	2759.26
2	1	TS2x2x0.3125	866.4
3	1	TS2x2x0.3125	300
4	1		

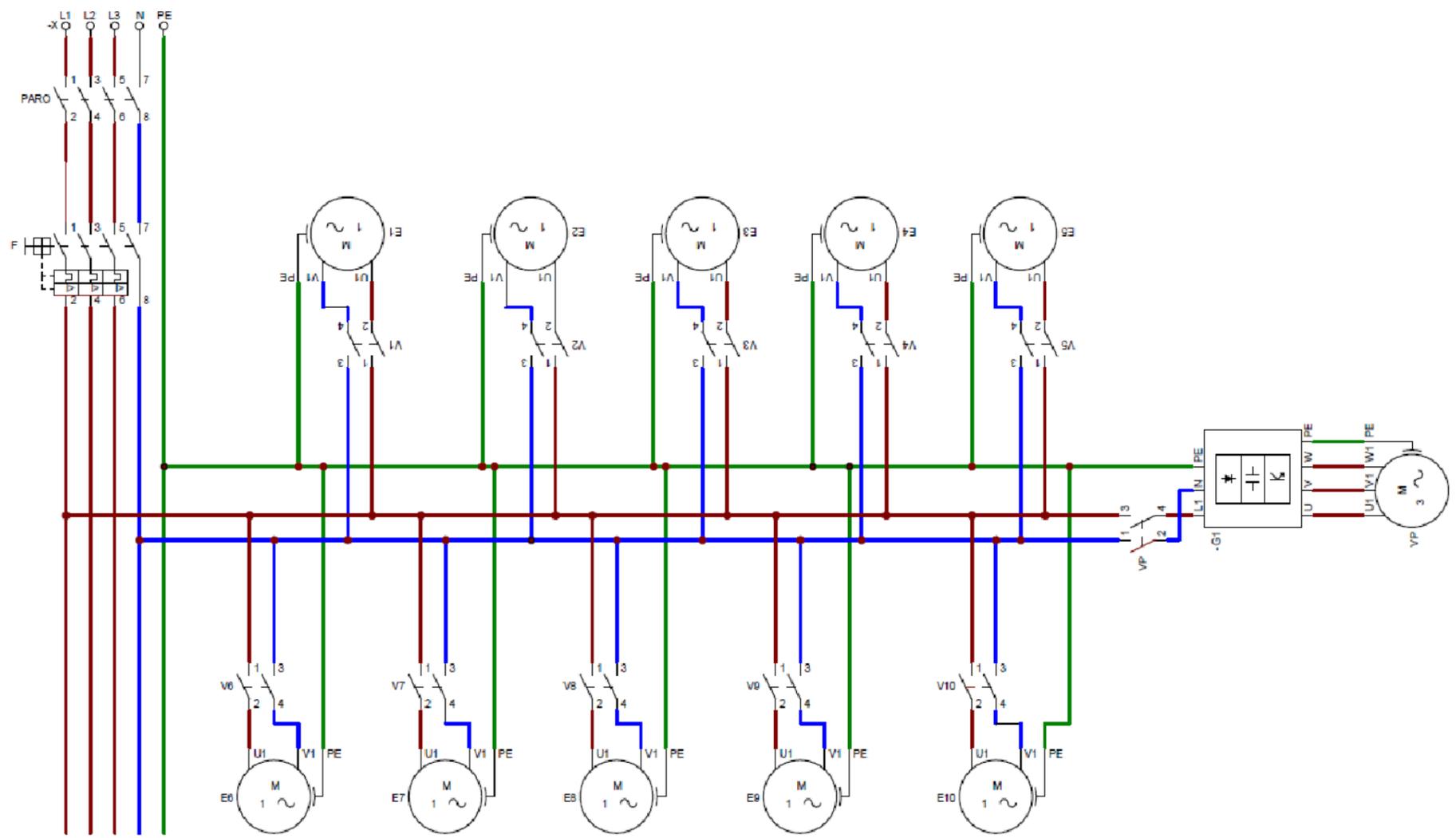
N.º DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	MATERIAL DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	2	✓	100	Electrodo revestido	1
2	2	✓	19.05	Electrodo revestido	2
3	2	▷	156.896	Electrodo revestido	1
4	2	▷	68.923	Electrodo revestido	2
5	2	✓	213.272	Electrodo revestido	1

N.º Lámina: 37 de 40		N.º Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-EDPD-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
Email: dennis.panchi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		ESTRUCTURA DEL DUCTO PRINCIPAL DERECHO				14,45		±0.3 [mm]		1:20			
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/25													
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/25													
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05		Materiales: ACERO ASTM A36				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07		Nombre de archivo: Estruct duct pncipal derecho.sldprt											





N°. Lámina: 38 de 40		N°. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-UEV-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación: UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE VENTILADORES						Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha					33650	±0.3 [mm]	1:30					
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/25					ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/25												
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05												
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07			Materiales: -		Nombre de archivo: Estruct de sist de extrac.SLDASM							



ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
L1	Línea de fase	1	Conductor que transporta la corriente eléctrica	Cable principal AWG #8, desviación AWG #10
L2	Línea de fase	1	Conductor que transporta la corriente eléctrica	Cable principal AWG #8, desviación AWG #10
L3	Línea de fase	1	Conductor que transporta la corriente eléctrica	Cable principal AWG #8, desviación AWG #10
N	Línea de neutro	1	Conductor de retorno de la corriente	Cable AWG #10
PE	Línea de protección	1	Conductor de puesta a tierra de protección.	Cable AWG #8
PARO	Contactador de bloqueo	1	Desconecta el sistema en su totalidad	Paro de emergencia tipo hongo/ Catálogo Laumayer
F	Disyuntor	1	Protector termico	Guardamotor SM1P2500/ Catálogo Laumayer
M	Motor monofásico	11	Motor monofasico acoplado al ventilador	Ventiladores Soler&Palau
G1	Variador de velocidad monofásico	1	Variador de frecuencia para controlar la velocidad de un motor	Variador de velocidad VFD015 EL21 W-1/ Catálogo Laumayer
V	Contactador	10	Permiten o limitan el paso de la corriente para la activacion de actuador	Contactador NCH8 20/20 110 V/ Catálogo Laumayer
VP	Contactador	1	Permiten o limitan el paso de la corriente para la activacion de actuador	Contactador NCH8 20/20 220 V/ Catálogo Laumayer

N.º. Lámina:	N.º. Hojas:	Sustitución:	
39 de 40	40		
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec			
Teléfonos: 0992591371			
Datos	Nombre	Firma	Fecha
Proyectó	Panchi - Tamami		2024/02/25
Dibujó	Panchi - Tamami		2024/02/25
Revisó	Ing. Choto S.		2024/03/05
Aprobó	Ing. Escobar M.		2024/03/07

Codificación:	FM-CM-SEGS-PESC-AD-P001-01-2024
Denominación:	PLANO ELÉCTRICO SISTEMA DE CONTROL
Materiales:	-
Nombre de archivo:	Sistema de control.sldprt

ESPOCH
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
-	±0.3 [mm]	-	

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: PANCHI D. Y TAMAMI F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY



1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

D

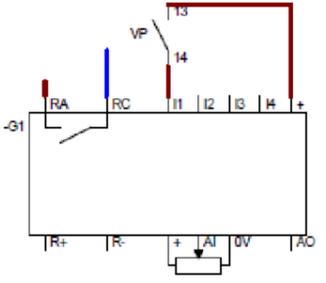
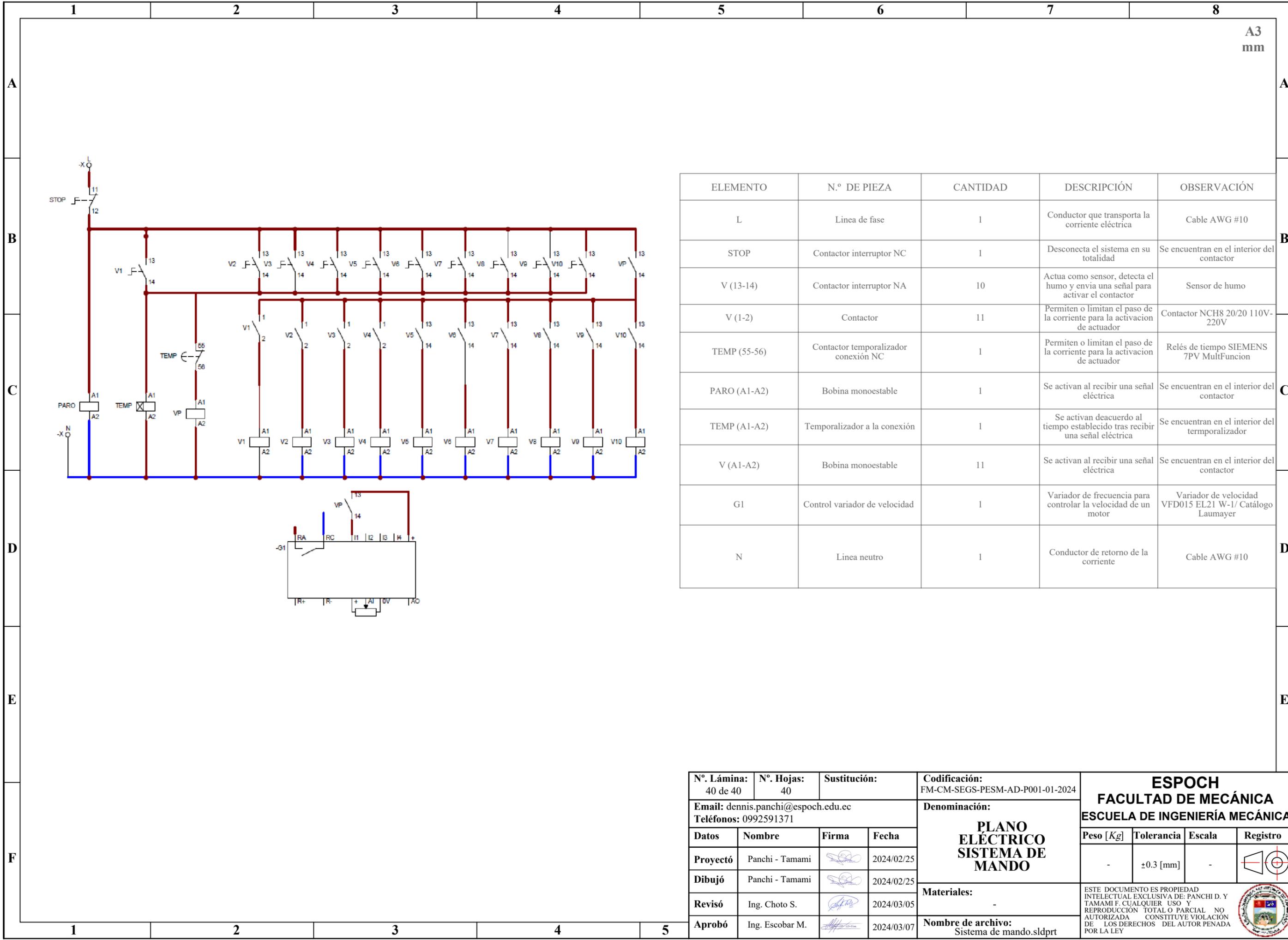
D

E

E

F

1 2 3 4 5



ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
L	Linea de fase	1	Conductor que transporta la corriente eléctrica	Cable AWG #10
STOP	Contacto interruptor NC	1	Desconecta el sistema en su totalidad	Se encuentran en el interior del contactor
V (13-14)	Contacto interruptor NA	10	Actua como sensor, detecta el humo y envia una señal para activar el contactor	Sensor de humo
V (1-2)	Contacto	11	Permiten o limitan el paso de la corriente para la activacion de actuador	Contacto NCH8 20/20 110V-220V
TEMP (55-56)	Contacto temporalizador conexión NC	1	Permiten o limitan el paso de la corriente para la activacion de actuador	Relés de tiempo SIEMENS 7PV MultiFuncion
PARO (A1-A2)	Bobina monoestable	1	Se activan al recibir una señal eléctrica	Se encuentran en el interior del contactor
TEMP (A1-A2)	Temporalizador a la conexión	1	Se activan de acuerdo al tiempo establecido tras recibir una señal eléctrica	Se encuentran en el interior del temporalizador
V (A1-A2)	Bobina monoestable	11	Se activan al recibir una señal eléctrica	Se encuentran en el interior del contactor
G1	Control variador de velocidad	1	Variador de frecuencia para controlar la velocidad de un motor	Variador de velocidad VFD015 EL21 W-1/ Catálogo Laumayer
N	Linea neutro	1	Conductor de retorno de la corriente	Cable AWG #10

Nº. Lámina: 40 de 40		Nº. Hojas: 40		Sustitución:		Codificación: FM-CM-SEGS-PESM-AD-P001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
Email: dennis.panchi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992591371						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PLANO ELÉCTRICO SISTEMA DE MANDO				-		±0.3 [mm]		-			
Proyectó		Panchi - Tamami				2024/02/25													
Dibujó		Panchi - Tamami				2024/02/25													
Revisó		Ing. Choto S.				2024/03/05													
Aprobó		Ing. Escobar M.				2024/03/07		Materiales: -				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE PANCHI D. Y TAMAMI. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 26/ 06 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Dennis Paul Panchi Teran Francisco Rafael Tamami Caspi
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Mecánica
Título a optar: Ingeniero Mecánico
 Luis Santiago Choto Chariguaman Director del Trabajo de Titulación  Nelson Santiago Chuquín Vasco Asesor del Trabajo de Titulación