



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**ANÁLISIS TÉRMICO Y ESTRUCTURAL EN INSTALACIONES
CON PROCESOS TÉRMICOS**

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES**

**PRESENTA:
URIEL MENA SAUCEDO**

**NOMBRE DEL ASESOR:
ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA**



APIZACO, TLAX., OCTUBRE 2024

Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Apizaco, Tlaxcala, 09/octubre/2024

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. OFICIO IEE/932/2024

Asunto: Liberación de Proyecto
para la Titulación Integral

CESAR REYNALDO RAMOS CÓMEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E.

Por este medio me permito informar a usted que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del egresado:	URIEL MENA SAUCEDO
Carrera:	INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
No. de Control:	19371281
Nombre del proyecto:	"ANÁLISIS TÉRMICO Y ESTRUCTURAL EN INSTALACIONES CON PROCESOS TÉRMICOS"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradeciendo de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica.
Pensar para Servir, Servir para Triunfar.

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLIN
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Y ELECTRÓNICA

Enrique Acoltzi Bautista
Nombre y Firma del Asesor

c.c.p. Expediente



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Apizaco, Tlaxcala, 09/octubre/2024

MENA SAUCEDO URIEL
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
CON NÚMERO DE CONTROL 19371281
PRESENTE

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **ANÁLISIS TÉRMICO Y ESTRUCTURAL EN INSTALACIONES CON PROCESOS TÉRMICOS** conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar 2 USB del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar

CÉSAR REYNALDO RAMOS GÓMEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo

CRRG/rs



1 AGRADECIMIENTOS

Primero, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, fuente inagotable de sabiduría y fortaleza. Sin su guía divina, este viaje habría sido insuperable. Como bien dijo Albert Einstein, "Hay dos maneras de vivir la vida: una como si nada es un milagro, la otra es como si todo es un milagro." Opté por la segunda, reconociendo que cada paso dado fue un milagro, cada obstáculo superado, una bendición.

A mi familia, especialmente a mis padres y hermanos, les debo mi eterna gratitud. Su apoyo incondicional y amor constante han sido mi refugio en los momentos de duda y mi motivación en los días más oscuros. Como dijo Gabriel García Márquez, "La vida no es la que uno vivió, sino la que uno recuerda, y cómo la recuerda para contarla." Ustedes han sido los protagonistas de los recuerdos que atesoro y las razones por las que este logro es también suyo.

A mis compañeros de universidad, con quienes compartí risas, desvelos y desafíos, les agradezco por ser parte esencial de este camino. Su camaradería y espíritu de lucha me recordaron constantemente las palabras de Aristóteles: "La amistad es un alma que habita en dos cuerpos; un corazón que habita en dos almas." Juntos enfrentamos esta etapa con la convicción de que la unión hace la fuerza, y que la colaboración es la clave para vencer cualquier adversidad.

Finalmente, agradezco a la música, ese estilo particular que me inspiró y me empujó a no rendirme. La música ha sido el eco de mis pensamientos y el latido de mi espíritu, recordándome las palabras de Friedrich Nietzsche: "Sin música, la vida sería un error." Ha sido mi compañera fiel, mi musa en la soledad, y la chispa que encendió mi creatividad en los momentos en que las fuerzas parecían flaquear. Este logro es la sinfonía de mi perseverancia y el ritmo incansable de mis sueños.

"El objetivo en la vida no es tratar de superar a los demás, sino tratar de superarnos a nosotros mismos."

ÍNDICE

1	AGRADECIMIENTOS.....	1
2	ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
3	ÍNDICE DE TABLAS	17
4	RESUMEN	18
5	INTRODUCCIÓN	20
6	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA (PUESTO O ÁREA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE)	23
7	PROBLEMAS A RESOLVER:	24
8	OBJETIVOS	25
8.1	OBJETIVO GENERAL.....	25
8.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
9	JUSTIFICACIÓN	26
10	MARCO TEÓRICO	27
10.1	Análisis Térmico	27
10.2	Principios Fundamentales	28
10.2.1	Conductividad Térmica.....	28
10.2.2	Conducción	29
10.2.3	Convección.....	29
10.2.4	Radiación.....	29
10.2.5	Coeficiente de Convección	30

10.3	Análisis Estructural	30
10.4	Material Aislante	32
11	Instalación de Revestimientos en Hornos Industriales	33
11.1	Tipo de Material:	33
11.2	Temperatura:	34
11.3	Condiciones del medio:	34
11.4	Factor de tiempo:	34
11.5	Deterioro de propiedades:	34
12	Clasificación de materiales refractarios:	35
A.	Por su carácter químico	35
B.	Composición química	35
C.	Naturaleza química	36
D.	Presentación	36
E.	Finalidad	36
13	Sectores de aplicación:	37
14	Modelado 3D.....	38
15	Simulación en Modelos CAD	40
16	¿Qué es un Horno de Fundición?	41
17	Tipos de Hornos Industriales de Fundición.....	42
17.1	Horno Reverbero	42
17.2	Hornos Rotativos.....	43
17.3	Hornos de Crisol.....	44
17.4	Hornos Eléctricos.....	44

17.5	Hornos Eléctricos de Arco	45
18	PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	46
18.1	MODELADO 3D Y ANÁLISIS TÉRMICO DE UN CUBO ...	46
18.2	MODELADO 3D Y ANÁLISIS TÉRMICO A UNA ESFERA .	50
18.3	ANÁLISIS TÉRMICO DE PLACAS	54
18.4	TERMOGRAFÍA	59
18.5	PARTICIPACIÓN EN PROGRAMAS EHS COMO INDUCCIÓN PARA ACCESO EN PLANTAS PRODUCTIVAS.	70
18.6	PARTICIPACIÓN EN PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN DE ESPECIALIDAD EN TECNOLOGÍAS CAD.....	77
18.6.1	Fatiga	82
18.6.2	Análisis Térmico	88
18.6.3	Estudio de Caída.....	92
18.6.4	Impacto	96
18.6.5	Recipientes a Presión	99
18.7	HORNO REVERBERO 1	103
18.8	MODELADO DE UN CANAL DE VACIADO	114
18.9	HORNO DE SECADO	123
18.10	HORNO REVERBERO 2	154
18.11	PLACAS DE AISLAMIENTO	185
18.12	CUCHARÓN DE MUESTREO	192
18.13	ANCLA REFRACTARIA	201
18.14	HORNO DE TUBO GRADIENTE	222
18.14.1	Análisis Térmico	274
19	RESULTADOS	283

19.1	MODELADO 3D DE UN CUBO	283
19.2	ANÁLISIS TÉRMICO DEL CUBO	284
19.3	MODELO 3D DE LA ESFERA.....	285
19.4	ANÁLISIS TÉRMICO DE LA ESFERA	286
19.5	ANÁLISIS TÉRMICO DE PLACAS.....	287
19.6	HORNO REVERBERO 1.....	288
19.7	HORNO REVERBERO 1 ANÁLISIS TÉRMICO	289
19.8	CANAL DE VACIADO	292
19.9	HORNO DE SECADO	294
19.10	HORNO DE SECADO ANÁLISIS TÉRMICO.....	295
19.11	HORNO REVERBERO 2.....	297
19.12	HORNO REVERBERO 2 ANÁLISIS TÉRMICO	298
19.13	PAREDES DEL HORNO REVERBERO 2	303
19.14	CUCHARÓN DE MUESTREO	304
19.15	ANCLA CERÁMICA	305
19.16	HORNO DE TUBO GRADIENTE	306
19.17	ANÁLISIS TÉRMICO.....	309
20	CONCLUSIONES.....	312
21	COMPETENCIAS DESARROLLADAS	315
22	GLOSARIO.....	318
23	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	319

2 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ensamblaje de Cubos	Figura 2 Vista de Corte del Ensamblaje	47
Figura 3 Vista Isométrica del Modelo Fino	Figura 4 Formación de Mallado Fino	48
Figura 5 Resultado de Análisis Térmico en Vistas de Corte Frontal e Isométrico		48
Figura 6 Resultado del Análisis Térmico en algunos puntos del Modelo		49
Figura 7 Modelado 3D de la Esfera	Figura 8 Vista de Corte Frontal de la Esfera	51
Figura 9 Ensamblaje de la Esfera y en Vista de Corte Frontal		51
Figura 10 Formación de Mallado Fino		52
Figura 11 Resultado del Análisis Térmico acorde a la escala de Temperatura en Celsius		52
Figura 12 Resultado del Análisis Térmico en algunos puntos del Modelo		53
Figura 13 Modelado 3D de las placas, en sus 3 Vistas Estándar		54
Figura 14 Resultados del primer modelo de la Placa en algunos puntos		55
Figura 15 Resultados del Análisis Térmico aplicando Calor en la parte media de la base		56
Figura 16 Modelo 3D de la Placa con Ángulo en sus 3 Vistas Estándar		57
Figura 17 Resultados del Análisis Térmico, aplicando calor en la esquina inferior de la Placa		58
Figura 18 Resultados del Análisis Térmico, aplicando calor en el centro de la base del modelo		58
Figura 19 Motor de Mezcladoras, Modelo Honda GX		59
Figura 20 Software para edición de Imágenes Termográficas		60
Figura 21 Barra de Herramientas		61
Figura 22 Ventana de Explorador de Archivos		61
Figura 23 Perspectiva de Imagen para realizar edición de Escala		62
Figura 24 Selección de Escala Correspondiente		63
Figura 25 Resultados de Temperatura de algunos puntos de la imagen		64

Figura 26 Resultados Termográficos del motor en Toma fotográfica Frontal	65
Figura 27 Resultados Termográficos del motor en Toma fotográfica Superior	66
Figura 28 Resultados Termográficos del motor en Toma fotográfica Superior en Estado Apagado	67
Figura 29 Resultados Termográficos del motor en Toma fotográfica Frontal en Estado Apagado	67
Figura 30 Comparación de escala de Termográfica del motor en estado Encendido y Apagado	68
Figura 31 Comparación de Datos de Temperatura obtenidos en ambos casos	69
Figura 32 Activación de Paquetería de SolidWorks	78
Figura 33 Piezas elaboradas para la realización de simulaciones de estudio	80
Figura 34 Ensamblaje de Componentes en vista Superior e Isométrica	81
Figura 35 Activación de SolidWorks Simulation	83
Figura 36 Creación de Nuevo Estudio	84
Figura 37 Determinación del Tipo de Estudio	84
Figura 38 Parámetros de Geometría Fija	85
Figura 39 Resultado Preliminar del Estudio de Fatiga	86
Figura 40 Resultado Preliminar de estudio de desplazamiento	86
Figura 41 Resultado Preliminar del Porcentaje de Daño	87
Figura 42 Parámetro de Temperatura en la base del Perno	88
Figura 43 Formación de Mallado	89
Figura 44 Resultado Preliminar del Estudio Térmico	89
Figura 45 Complemento de Parámetros y Formación de mallado fino	91
Figura 46 Resultado Preliminar de Estudio de Pandeo	92
Figura 47 Definiciones para el estudio de caída	94
Figura 48 Resultado Preliminar de Estudio de Caída	95
Figura 49 Modelo previo de Visualización con Parámetros agregados	96
Figura 50 Datos y Complementos Seleccionados	97
Figura 51 Activación de Funciones Externas al Modelo	97
Figura 52 Modelo completo con datos asignados	98
Figura 53 Resultado Preliminar de Estudio de Impacto	98
Figura 54 Modelo Preliminar a Realizar Estudio	99

Figura 55 Complemento de Datos del Modelo para el estudio	100
Figura 56 Adición de datos al Modelo.....	101
Figura 57 Resultado Preliminar del estudio de Recipientes a Presión	102
Figura 58 Modelo 3D de la primera capa de material Refractario.....	104
Figura 59 Vista Frontal y Lateral del modelo	104
Figura 60 Modelado 3D de la Primera capa del Aislante 1 en sus vistas Estándar.....	105
Figura 61 Modelado 3D de la segunda capa de aislamiento en sus 4 vistas estándar	106
Figura 62 Modelado 3D de la tercera capa de aislamiento en sus 4 vistas estándar	107
Figura 63 Modelado de la carcasa metálica en vista isométrica y lateral	108
Figura 64 Vista Frontal de la Carcasa Metálica.....	108
Figura 65 Ensamblaje del Horno Reverbero 1 en vista isométrica y en corte de vista lateral.....	109
Figura 66 Vista de corte lateral, Frontal y Trasero del Ensamblaje	109
Figura 67 Vistas de Detalle de las Capas del Modelo	110
Figura 68 Formación de Mallado Fino	111
Figura 69 Resultado del estudio térmico en visualización de color, acorde a la escala de temperatura	112
Figura 70 Resultado de algunos puntos en paralelo del modelo	112
Figura 71 Vista Isométrica de Corte y visualización de escala de temperatura uniforme (desde cara caliente a cara fría)	113
Figura 72 Resultados del modelo en puntos de trayectoria paralelos desde cara caliente a cara fría	113
Figura 73 Vista Frontal del Canal en perfil curvo.....	115
Figura 74 Vista Lateral del Canal	116
Figura 75 Vista Isométrica del Canal Con Perfil tipo “U”	116
Figura 76 Vistas de Detalle del Ensamblaje	117
Figura 77 Ensamblaje completo del canal acotado en mm.....	117
Figura 78 Vista Isométrica del canal ocupando 7 piezas para completar la longitud total.....	118
Figura 79 Vista Frontal del canal con perfil plano	119
Figura 80 Vista lateral y de corte del canal.....	120
Figura 81 Vista Isométrica del canal con perfil Pentagonal.....	121

Figura 82 Vistas de Detalle	121
Figura 83 Ensamblaje del modelo, ocupando 3 piezas para completar la longitud total, acotado en mm	121
Figura 84 Vista Isométrica	122
Figura 85 Model3 3D de la Puerta del Horno de Secado	124
Figura 86 Vista Isométrica de la carcasa y base metálica	125
Figura 87 Ensamblaje de la carcasa metálica y base, en visualización isométrica	125
Figura 88 Carcasa del quemador en vista isométrica y lateral	126
Figura 89 Vista Isométrica y lateral de la chimenea	128
Figura 90 Modelado 3D de la estructura metálica del Horno	129
Figura 91 Vista Isométrica de la estructura metálica de la base	129
Figura 92 Modelado de los soportes en sus 3 vistas estándar	130
Figura 93 Modelado 3D de los soportes laterales	131
Figura 94 Soporte Delantero tipo suspensión de carga	131
Figura 95 Modelado de Placas y separadores de acero	132
Figura 96 Separadores de la carcasa y puerta del horno	133
Figura 97 Vista Frontal de la estructura metálica	133
Figura 98 Vista Isométrica de la estructura metálica exterior del horno	134
Figura 99 Ensamblaje completo de la carcasa y estructura metálica del Horno de Secado	135
Figura 100 Vista lateral del Horno	135
Figura 101 Modelo Preliminar del aislante	136
Figura 102 Visualización de ladrillos refractarios en base y en Vista lateral	137
Figura 103 Vista lateral de la base	138
Figura 104 Vista frontal de la base	138
Figura 105 Vista Isométrica de la base	138
Figura 106 Ensamblaje del horno de secado en vista isométrica y frontal	139
Figura 107 Formación de mallado fino	140
Figura 108 Unión Rígida entre componentes	140
Figura 109 Resultado del Análisis Térmico acorde a la escala de temperatura en grados Celsius	141

Figura 110 Resultados de temperatura en algunos puntos al exterior del Horno de Secado	142
Figura 111 Resultados de temperatura en Vista Frontal, destacando para la entrada del quemador y la chimenea.....	142
Figura 112 Vistas de corte en isométrico y frontal, destacando la uniformidad de la temperatura	143
Figura 113 Vistas de corte en isométrico lateral, destacando la uniformidad de la temperatura	143
Figura 114 Bóveda de Puerto	144
Figura 115 Ensamblaje de las bóvedas de puerto y la base de ladrillos refractarios	145
Figura 116 Vista Explosionada del horno y Base con bóvedas de puerto	145
Figura 117 Horno de Secado Completo, en vista isométrica y frontal .	146
Figura 118 Visualización interna en puertas abiertas del horno, destacando la formación de las bóvedas de puerto	146
Figura 119 Funciones para crear una vista explosionada	148
Figura 120 apertura de puertas a un ángulo de 180° a los extremos ..	148
Figura 121 Selección de elementos a mover	149
Figura 122 Desplazamiento externo de la base con las bóvedas de puerto	149
Figura 123 Visualización de salida de la base.....	150
Figura 124 Definición de un ensamblaje completamente definido	150
Figura 125 Creación de estudio de movimiento	151
Figura 126 Formación de marcadores de tiempo para crear la animación	151
Figura 127 Corredor de la línea del tiempo	152
Figura 128 Cálculo de movimientos agregados	153
Figura 129 Herramientas para guardar la previa animación	153
Figura 130 Propiedades de la animación a guardar.....	153
Figura 131 Formación del croquis para la carcasa metálica	155
Figura 132 Operación de extruir saliente/base	155
Figura 133 Corte previo para formar la base de la chimenea	156
Figura 134 Croquis para crear la entrada en forma de arco, en sus tres vistas estándar como modelo 3D	157
Figura 135 Identificación de las partes que conforma el Horno	158

Figura 136 Formación de trazado y operación saliente/base para el Aislante 1	159
Figura 137 Realización de croquis para la puerta	160
Figura 138 Vista de corte en isométrico del aislante 1	161
Figura 139 Modelado 3D del segundo aislamiento en sus 3 vistas estándar	162
Figura 140 Modelado 3D del revestimiento Refractario 1	163
Figura 141 Vista Isométrica	164
Figura 142 Formación de la rampa en sus 3 vistas estándar	165
Figura 143 Vista Isométrica	165
Figura 144 Vista Isométrica	166
Figura 145 Formación de Trazado en vista de planta	167
Figura 146 Alineación de la primera moldura	168
Figura 147 Operación Saliente/Base para formar la bóveda	168
Figura 148 Trazado de croquis para formar la chimenea	169
Figura 149 Operación Extruir Saliente/Base de la Chimenea	169
Figura 150 Trazado para realizar corte de paredes de la Superestructura	170
Figura 151 Creación de Extruir Corte	170
Figura 152 Modelado 3D del Refractario en vista isométrica y planta ...	171
Figura 153 Elaboración del aislante 3	172
Figura 154 Creación de Ensamblaje	172
Figura 155 Ensamblaje de Carcasa y el primer aislamiento	173
Figura 156 Ensamblaje del segundo aislante	173
Figura 157 Ensamblaje de refractario en vistas de corte	174
Figura 158 Ensamblaje de la Superestructura en vistas de corte	175
Figura 159 Modelo Completo (Horno Reverbero 2) En vista isométrica completa y de corte	175
Figura 160 Realización de Orificios que representan las entradas para los quemadores	176
Figura 161 Formación de corte de la tapa de la chimenea	177
Figura 162 Modelo Completo, resaltando la visualización en la parte interna	177
Figura 163 Vistas de Corte Laterales	178
Figura 164 Visualización de la formación uniforme de capas de aislamiento y de material refractario	178

Figura 165 Activación del Módulo SIMULATION	180
Figura 166 Determinación del tipo de estudio	180
Figura 167 Bosquejo de opciones a considerar	181
Figura 168 Proporción de cargas térmicas.....	181
Figura 169 Visualización de la temperatura agregada en la parte interna del modelo	182
Figura 170 Parámetro de Convección en la parte externa del Horno ..	182
Figura 171 Formación de mallado fino en el modelo	183
Figura 172 Resultado de análisis térmico con su respectiva escala de temperatura en grados Celsius.....	183
Figura 173 Resultados en algunos puntos por la parte exterior de la chimenea	184
Figura 174 Resultados en algunos puntos por la parte interna del horno	184
Figura 175 Modelado 3D de la primera Placa	186
Figura 176 Modelado 3D de la Segunda Pared	186
Figura 177 Modelado 3D de la Tercera Pared.....	186
Figura 178 Modelado 3D de la Cuarta Pared	187
Figura 179 Ensamblaje total de la parte del Tanque en representación de paredes	187
Figura 180 Resultados de Temperatura obtenidos para la parte del tanque	188
Figura 181 Resultados Previos de temperatura, omitiendo un aislante	189
Figura 182 Modelado 3D de las paredes de la superestructura	190
Figura 183 Ensamblaje de las paredes de la superestructura	190
Figura 184 Resultados Previos del análisis térmico.....	191
Figura 185 Resultado del análisis térmico en algunos puntos, omitiendo el primer aislante.....	192
Figura 186 Trazado de croquis	194
Figura 187 Formación de la Revolución Saliente/Base.....	194
Figura 188 Creación de redondeo en la base del cucharón.....	195
Figura 189 Redondeo interno en vista superior y de corte.....	195
Figura 190 Formación del Vástago del cucharón.....	196
Figura 191 Alineación de cortes	196
Figura 192 Visualización de cortes laterales realizados.....	197

Figura 193 Cucharón de Muestreo	197
Figura 194 Elaboración de Bastón de Acero inoxidable	198
Figura 195 Formación del sólido que representa aluminio fundido	199
Figura 196 Bastón	Figura 197 Ensamblaje
de cucharón y bastón.....	199
Figura 198 Ensamblaje de Cucharón de muestreo en vista isométrica y frontal	200
Figura 199 Modelo Completo	Figura 200 Vista de Corte Frontal
que visualiza el material interno	200
Figura 201 Ejemplos de anclas cerámicas	202
Figura 202 Visualización previa de la ancla	203
Figura 203 Trazado de la base	204
Figura 204 Formación del Prisma.....	204
Figura 205 Formación de Croquis para formar los bordes correspondientes	205
Figura 206 Matriz lineal y extrusión de corte para generar los bordes	206
Figura 207 Matriz lineal lateral.....	206
Figura 208 Formación de base y tubo del herraje	207
Figura 209 Creación de planos laterales	208
Figura 210 Trazado de herrajes.....	209
Figura 211 Determinación de grosor del herraje	209
Figura 212 Función saliente/base Barrido	210
Figura 213 Generación del perfil y trayecto.....	210
Figura 214 Representación de un Bucle Abierto	211
Figura 215 Modelado de los primeros ejes tipo Base del Herraje	211
Figura 216 Perfil de ejes contrarios	212
Figura 217 Representación del perfil y trayecto del herraje	213
Figura 218 Modelado 3D del Herraje.....	213
Figura 219 Matriz lineal.....	214
Figura 220 Separación e Instancias de los ejes	215
Figura 221 Modelo 3D del Herraje.....	215
Figura 222 Asignación de Corte por la parte media del cilindro	216
Figura 223 Base Hexagonal	216
Figura 224 Trazado de eje.....	217
Figura 225 Formación del eje	217
Figura 226 Asignación del Trayecto del eje	218

Figura 227 Formación de los primeros ejes tipo Base del herraje	218
Figura 228 Matriz lineal de ejes	219
Figura 229 Separación e instancias de los ejes	220
Figura 230 Ensamblaje de la ancla cerámica y el herraje	221
Figura 231 Formación del Tubo de Cuarzo	225
Figura 232 Croquis de la carcasa metálica	226
Figura 233 Carcasa Metálica	227
Figura 234 Primer aislante	228
Figura 235 Primer Aislante con corte realizado	228
Figura 236 Modelado del segundo aislante	229
Figura 237 Modelado del Tercer Aislante	229
Figura 238 Ensamblaje de la carcasa y el primer aislante	230
Figura 239 Ensamblaje del segundo aislante	231
Figura 240 Ensamblaje del tercer aislante	231
Figura 241 Ensamblaje del tubo de cuarzo	232
Figura 242 Cilindro Exterior	233
Figura 243 Ensamblaje Preliminar	233
Figura 244 Formación del croquis para la pieza especial	235
Figura 245 Extrusión de la pieza especial	235
Figura 246 Formación del croquis para la pieza especial superior	236
Figura 247 Modelo 3D de la pieza superior	237
Figura 248 Ensamblaje de las piezas especiales preliminares	237
Figura 249 Visualización preliminar de la pieza especial en el modelo general	237
Figura 250 Modelo General sin el cilindro preliminar	238
Figura 251 Creación de croquis para las pestañas de la pieza especial	239
Figura 252 Unión de sólidos	240
Figura 253 Modelado 3D de la pieza especial	240
Figura 254 Reducción de la pieza especial inferior	241
Figura 255 Reducción de la pieza especial superior	242
Figura 256 Creación de Plano Frontal	243
Figura 257 Vista Preliminar de la Resistencia Eléctrica	244
Figura 258 Vista Isométrica de Corte	244
Figura 259 Creación del primer cilindro de la resistencia	245
Figura 260 Matriz Circular del Cilindro	246

Figura 261 Creación de un nuevo plano.....	247
Figura 262 Función de Barrido para la Curva de la resistencia	247
Figura 263 Formación de curvatura en el siguiente extremo	248
Figura 264 Matriz lineal de las curvas agregando separación e instancias	249
Figura 265 Modelo 3D de la pieza especial con la resistencia eléctrica en visualización preliminar.....	249
Figura 266 Función de Combinar Sólidos para formar el ranurado de la resistencia	250
Figura 267 Representación del Ranurado de la Resistencia en la pieza especial.....	251
Figura 268 Eliminación del Ranurado.....	251
Figura 269 Función "Eliminar/Mantener Sólido"	252
Figura 270 Selección del Sólido	252
Figura 271 Resistencia Eléctrica en sus 3 Vistas Estándar	253
Figura 272 Pieza especial superior	253
Figura 273 Resistencia Eléctrica Superior en sus 3 vistas estándar ...	254
Figura 274 Corte del primer aislante	255
Figura 275 Corte preliminar del segundo aislante	255
Figura 276 Corte Preliminar del Tercer Aislante	256
Figura 277 Corte Preliminar de la Carcasa Metálica	256
Figura 278 Formación de la Chapa Metálica.....	257
Figura 279 Modelado 3D de la Carcasa Metálica	257
Figura 280 Ensamblaje de la carcasa metálica y el primer aislante	258
Figura 281 Ensamblaje del segundo y tercer aislante.....	258
Figura 282 Ensamblaje de la pieza especial y la Resistencia Eléctrica	259
Figura 283 Ensamblaje de las 3 Piezas Especiales.....	259
Figura 284 Ensamblaje de piezas especiales al modelo general	260
Figura 285 Ensamblaje del Tubo de Cuarzo en sus 3 vistas Estándar	261
Figura 286 Ensamblaje de los 3 aislantes en la carcasa superior del Horno	261
Figura 287 Ensamblaje de las piezas especiales al horno superior	262
Figura 288 Visualización de las relaciones de posición lateral y frontal (Coincidentes).....	262
Figura 289 Relación de Posición a un ángulo de 90°	263

Figura 290 Visualización del Horno Cerrado	263
Figura 291 Visualización del Horno Abierto	264
Figura 292 Formación del Módulo de Control	265
Figura 293 Visualización de Vaciado en vista de corte isométrica	265
Figura 294 Formación de Rejillas	266
Figura 295 Formación de la Carcasa para los módulos de monitoreo	266
Figura 296 Modelo 3D completo del Módulo de Control	267
Figura 297 Bases del módulo de control	267
Figura 298 Ensamblaje de las 4 bases y el Módulo de control	268
Figura 299 Ensamblaje del Módulo de control al Horno General.....	268
Figura 300 Placas Exteriores.....	269
Figura 301 Ensamblaje de placas exteriores	270
Figura 302 Diseño de la ASA.....	270
Figura 303 Modelado de los Tornillos	271
Figura 304 Placas metálicas de la ASA.....	271
Figura 305 Ensamblaje de la ASA en sus 3 vistas estándar	272
Figura 306 Horno de Tubo Gradiente Completo	272
Figura 307 Visualización Realista del Horno	273
Figura 308 Preparación del modelo para el análisis térmico.....	274
Figura 309 Selección de Resistencias.....	275
Figura 310 Selección de resistencias en la parte interior en el modelo cerrado	276
Figura 311 Selección de la carcasa Exterior para Convección	276
Figura 312 Formación de Mallado Fino	277
Figura 313 Resultados previos de la primera prueba realizada a 800°C	278
Figura 314 Selección de Resistencias Eléctricas para agregar la carga térmica de 1000°C	279
Figura 315 Resultados previos de la segunda prueba realizada a 1000°C	279
Figura 316 Selección de Resistencias para agregar la temperatura ...	280
Figura 317 Resultados previos de la tercera prueba realizada a 1000°C	281

3 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Colores de los Componentes del Horno.....	110
Tabla 2 Volumétrica del Ensamblaje	118
Tabla 3 Volumétrica del Ensamblaje	122
Tabla 4 Mediciones de los Ladrillos Refractarios	138
Tabla 5 Datos de Propiedades Físicas y Químicas.....	179
Tabla 6 Datos Volumétricos	200
Tabla 7 Datos de Propiedades Físicas y Químicas.....	275

4 RESUMEN

Los procesos térmicos desempeñan un papel fundamental en una amplia gama de industrias, desde la fabricación de metales hasta la producción de alimentos. Este estudio se centra en el desarrollo de servicios de instalaciones refractarias, así como analizar la importancia, aplicaciones e innovaciones y desafíos en procesos de alta temperatura en industrias de fundición.

En primer lugar, se examina la importancia de los procesos térmicos como parte integral de numerosas operaciones industriales. Estos procesos incluyen tratamientos térmicos, realizados principalmente en las industrias de metal, vidrio, cemento, cerámica, metalurgia e incineración. Resaltando en cómo la aplicación adecuada de calor puede mejorar la calidad de los productos, aumentar la eficiencia operativa y reducir los costos de producción.

Además, se exploran las diversas aplicaciones de los procesos térmicos en diferentes sectores industriales, destacando los equipos y tecnologías utilizadas en estos procesos, así como los parámetros clave que influyen en su eficacia y eficiencia.

Sin embargo, también se abordan consideraciones importantes asociadas con los procesos térmicos en la industria. Estos incluyen la gestión adecuada de la energía, la optimización de los ciclos de calor, el tipo de revestimientos y/o aislamientos refractarios, el diseño de sistemas de control, el impacto ambiental de las

emisiones térmicas, así como el cumplimiento de regulaciones ambientales, sistemas de calidad y por consiguiente la seguridad de los trabajadores. Garantizando la plena satisfacción del cliente mediante una atención meticulosa a cada aspecto en la planificación y ejecución de servicios relacionados con instalaciones refractarias y análisis térmicos.

Deduciendo que el análisis térmico y estructural en instalaciones con procesos térmicos es fundamental para garantizar eficiencia y seguridad. En primer lugar, el análisis térmico se centra en comprender cómo se distribuye y se transfiere el calor dentro del sistema, lo que permite optimizar el diseño y el funcionamiento de los equipos. Esto implica evaluar la resistencia de los materiales a diferentes temperaturas y prever posibles puntos críticos de sobrecalentamiento.

En segundo lugar, el análisis estructural se enfoca en evaluar la integridad y la estabilidad de las estructuras que soportan los equipos y las cargas térmicas. Esto incluye verificar la resistencia de los materiales a la deformación y a la fatiga térmica, así como garantizar que la disposición y el diseño de la instalación sean capaces de soportar las condiciones operativas previstas.

5 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, los avances tecnológicos especializados en el diseño, son de uso elemental en el ámbito ingenieril, maneja un papel importante, ya que a partir de una necesidad o problemática surge el diseño para la creación de algo nuevo, sin embargo, en la actualidad hay herramientas con las se puede diseñar, que enfoca a todo un proceso jerarquizado, tales como; la idea hecha a partir de un dibujo a mano alzada, o un levantamiento técnico, después realizar el modelo en 2D, y por ende, basarse en el modelo 3D, lo cual se requieren hacer distintas pruebas a lo diseñado, para que este cumpla con los requisitos y sea apropiado. Por consiguiente, con el propio bosquejo de un prototipo puedan ser producidos, distribuidos y utilizados para el requerimiento de la industria. Cabe mencionar, el uso de software como herramientas digitales para dibujo; Diseño Asistido por Computadora “CAD” por sus siglas en inglés, se utiliza a lo largo de todo el proceso de ingeniería, desde el dibujo de productos conceptual y la estructura; pasando por el análisis de ensambles hasta la definición del método de fabricación de materiales con los más altos estándares de calidad.

El Diseño Asistido por Computadora (CAD) permite:

- Agilizar el proceso de diseño, mejorando la visualización de los subensambles, de las piezas y del producto final.
- Simular los procesos térmicos en los que se representa la parte teórica con el sitio de aplicación final.

- Obtener una documentación más sólida y sencilla del dibujo, que incluye geometrías, dimensiones y listas de materiales.
- Utilizar fácilmente los datos del proyecto.
- Lograr una mayor precisión para reducir errores de aplicación en las instalaciones de sitio.
- Mejorar la productividad y estándares de calidad.

El diseño de hornos mediante plataformas de CAD/CAM implica la utilización de herramientas avanzadas de modelado tridimensional para crear estructuras eficientes y funcionales. Dichos programas de tecnología de última generación, actualmente son utilizados en instituciones educativas por parte de los estudiantes para un mejor crecimiento y desarrollo profesional académico, sin embargo, ofrecen a los facultativos para hacer uso de diseño, así como modelar y simular objetos, sin embargo, estas aplicaciones permiten explorar conceptos de dibujo de manera interactiva, teórica y práctica, para familiarizarse con técnicas de invención de desarrollo de proyectos modernizados en el mundo real.

Delimitando el uso de herramientas CAD para un uso más específico, el software de SolidWorks proporciona una plataforma integral para conceptualizar, visualizar y analizar el desarrollo de nuevas instalaciones refractarias, así como también reparaciones en procesos de alta temperatura.

Los usuarios de las plataformas SolidWorks pueden emplear funciones específicas para diseñar la geometría del horno, considerando factores cruciales como la distribución del calor, la resistencia térmica por conducción y convección. La capacidad de modelado paramétrico de CAD/CAM permite realizar ajustes rápidos y precisos en el diseño, optimizando la forma y dimensiones de instalaciones refractarias de fundición.

Para ello la simulación térmica integrada en SolidWorks permite evaluar el rendimiento del horno bajo diferentes condiciones de operación, garantizando que cumpla con los requisitos específicos de temperatura y uniformidad térmica.

Un aspecto crucial del análisis térmico y estructural es la modelización computacional; que utiliza software especializado para simular el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de operación. Esto permite identificar y corregir posibles problemas antes de la construcción, reduciendo costos y tiempos de desarrollo. El software de SolidWorks provee una plataforma global para el diseño eficiente y preciso de hornos industriales, integrando herramientas de modelado, simulación y colaboración que son fundamentales para la creación de estructuras térmicas robustas y eficientes.

6 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA (PUESTO O ÁREA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE)

Nombre de la empresa: IPM de Tlaxcala S. DE R.L. DE C.V.

Puesto del estudiante: Becario de Ingeniería en el Área de Operaciones.

Giro o Sector: Servicios

Domicilio: Calle las Canteras No. 15 Interior A. Topilco de Juárez.

Ciudad: Xaltocan

Código de Postal: 90440

R.F.C. ITL191218QB8

Teléfono: 24-14-18-29-51

Misión:

Colaborar con nuestros socios comerciales mediante la fabricación, distribución, instalación, análisis y asesoría especializada, ofreciendo la mejor experiencia en soluciones integrales a través de procesos de ingeniería personalizada aplicando tecnología y materiales de vanguardia superando sus expectativas de calidad en el servicio.

Visión:

Convertirnos en un elemento esencial para nuestros clientes siendo un referente por nuestros servicios diferenciados y los productos suministrados, desarrollando soluciones innovadoras y amigables con el ambiente que generen mayores beneficios para la industria con personal capacitado, eficiente, responsable y altamente comprometido.

7 PROBLEMAS A RESOLVER:

- 1) Generar representaciones tridimensionales de instalaciones refractarias utilizadas en fundiciones. Estos modelos 3D permiten visualizar y analizar detalladamente la disposición y estructura de las instalaciones.
- 2) Realizar simulaciones de procesos térmicos como herramienta de apoyo técnico en el lugar de aplicación. Esto implica utilizar herramientas computacionales para representar y analizar los procesos térmicos, lo que puede ayudar a comprender mejor el comportamiento del sistema y tomar decisiones informadas sobre su funcionamiento y optimización.
- 3) A partir de los modelos 3D creados, realizar cálculos aproximados de superficies, volúmenes y masa de materiales en las diferentes capas de revestimiento de hornos industriales de fundición. Esto implica utilizar los modelos tridimensionales para estimar la cantidad de materiales necesarios en cada área del horno, lo que puede simplificar la planificación y el control de los recursos durante el proceso de revestimiento.
- 4) Comprobar los resultados obtenidos de los modelos 3D desarrollados y las instalaciones físicas en el lugar. Este proceso implica verificar cómo se alinean los datos y las características de los modelos virtuales con la realidad observada en las instalaciones reales.
Esta comparación proporciona retroalimentación importante sobre la precisión y la eficacia de los modelos en representar las condiciones y el comportamiento de las instalaciones.

8 OBJETIVOS

8.1 OBJETIVO GENERAL

Impulsar técnicas de apoyo aplicadas a la metodología de análisis previas a la reparación de instalaciones refractarias para atender un mercado a través de servicios de especialidad aplicados a la industria con procesos de alta temperatura.

8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar modelos 3D de instalaciones refractarias de fundición.
- Desarrollar simulación de procesos térmicos que puedan representar un soporte técnico en el sitio de aplicación.
- Desarrollar cálculos estimativos de superficies, volúmenes y masa de materiales en las distintas capas de revestimiento en hornos industriales de fundición.
- Comparar físicamente los resultados obtenidos en los modelos 3D desarrollados vs las instalaciones en sitio.

9 JUSTIFICACIÓN

A nivel operativo, obtener un incremento en eficiencia de procesos a la vez que se profesionalizan servicios de tal manera que se genere una cadena de valor y la diferenciación con respecto a los competidores directos, es un factor clave generador de valor en el mercado.

Las tecnologías de última generación incluyen software CAD/CAM capaz de facilitar la comprensión de planos con piezas complejas al ser capaces de generar mejor comprensión para los desarrolladores de moldes y vaciados; los fabricantes buscan una mejor rentabilidad a través de los bienes o servicios que prestan, pero para elevarla debe diferenciarse de sus competidores. Especialmente las organizaciones que se dedican directamente prestar servicios similares y en este caso en particular “IPM” debe cuidar cada detalle en la generación y prestación del servicio, desde escoger los materiales con los más altos estándares de calidad. Hoy el buen trato y asesoría por parte de las personas que tiene el contacto directo con el cliente, el servicio debe resultar de manera impecable e impactante para que el cliente obtenga alta satisfacción y llegue a interactuar con ésta convirtiéndose en parte de la cadena de comunicación a través de la recomendación.

10 MARCO TEÓRICO

El análisis térmico es una herramienta fundamental en diversos campos científicos y tecnológicos que se utilizan para estudiar cómo los materiales se comportan a distintos cambios de ciertas temperaturas. Esta técnica analítica permite comprender cómo la estructura, composición y propiedades de un material varían en función del calor, lo que resulta crucial comprender su comportamiento en aplicaciones de condiciones reales, garantizando la seguridad, eficiencia y durabilidad de las instalaciones y equipos utilizados en estos procesos.

10.1 Análisis Térmico

Se ha logrado definir el concepto de “Análisis Térmico” como: “la medida de los cambios físicos o químicos, que ocurren en un elemento en función de la temperatura” (Ferrer, 2000).

Recientemente, una de las definiciones más completas por el investigador en materiales avanzados (Terán) “El análisis térmico es un conjunto de técnicas analíticas que estudian el comportamiento térmico de los materiales. Cuando un material se calienta o se enfría, su estructura y su composición química pueden sufrir cambios tales como fusión, sublimación, solidificación, cristalización, descomposición, oxidación térmica o sinterización. En general estos cambios se pueden estudiar midiendo la variación de distintas propiedades de la materia en

función de la temperatura, el tiempo y una atmósfera determinada.”
(Terán, s.f.)

En ambas definiciones, se puede determinar más factores de estudio y sistemas que responden a los cambios de temperatura. Esto implica la visualización de fenómenos como la expansión térmica, conductividad térmica, la transferencia de calor. Se puede deducir que el análisis térmico permite determinar cómo se comportarán los materiales y sistemas bajo diferentes condiciones de calor, lo que es fundamental para prevenir fallas y optimizar el rendimiento de las instalaciones con procesos térmicos.

10.2 Principios Fundamentales

Para tener mayor idea sobre el análisis térmico, es necesario conocer aquellos conceptos que forman parte del estudio, cabe destacar, que dichas definiciones, serán utilizados durante todo el análisis, por lo que se detallan a continuación:

10.2.1 Conductividad Térmica

En el libro de Termodinámica sexta edición de Cengel & Boles (2009, p. 92-94) definen la conductividad térmica de un material como “la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura. La conductividad térmica de un material es una medida de la capacidad del material para conducir calor. Un valor elevado para la conductividad térmica indica que el material es un

buen conductor del calor y un valor bajo indica que es un mal conductor o que es un aislante”. (Cengel & Boles, 2009)

10.2.2 Conducción

Es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de sus interacciones. La conducción puede ocurrir en sólidos, líquidos o gases; en estos últimos dos la conducción se debe a las colisiones de las moléculas durante su movimiento aleatorio, mientras que en los sólidos se debe a la combinación de la vibración de las moléculas en una red y el transporte de energía mediante electrones libres. (Cengel & Boles, 2009)

10.2.3 Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento, y tiene que ver con los efectos combinados de conducción y movimiento del fluido: mientras más rápido sea este, mayor es la transferencia de calor por convección. (Cengel & Boles, 2009)

10.2.4 Radiación

En una edición más reciente, pero ahora en el libro de Transferencia de Calor y Masa (Fundamentos y Aplicaciones) de (Cengel & Ghajar) determinan que la radiación “es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones

electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la presencia de un medio interventor. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío. Ésta es la manera en la que la energía del Sol llega a la Tierra”. (Cengel & Afshin J. Ghajar, Transferencia de Calor y Masa (Fundamentos y Aplicaciones), 2011)

10.2.5 Coeficiente de Convección

En particular el proceso de transferencia de calor utiliza una ecuación general en donde las unidades previas del resultado son ($W/m^2 \cdot K$) dando origen el concepto de coeficiente de transferencia de calor por convección, en los que contribuye la geometría de la superficie, propiedades termodinámicas del fluido, la naturaleza del movimiento del fluido y de transporte. Este coeficiente es trascendente para modelar el intercambio de calor entre un objeto y su entorno, representando la eficiencia en la que el objeto pierde o gana calor debido a la convección térmica con el fluido circundante como aire, agua, calor, etc.

10.3 Análisis Estructural

Por otro lado, el análisis estructural se centra en el estudio de cómo los materiales y sistemas soportan las cargas y deformaciones a las que están sometidas. En el contexto de las instalaciones con procesos térmicos, el análisis estructural se utiliza para evaluar la resistencia y estabilidad de los equipos y estructuras que se utilizan

en estos procesos. Como, por ejemplo, el tipo de carcasa metálica que se utilizará para cubrir los aislamientos internos.

Esto implica el estudio de conceptos como la resistencia de materiales, la mecánica de sólidos y la dinámica estructural.

El desarrollo de herramientas computacionales para asistir diferentes procesos térmicos ha tenido un impacto considerable en muchas áreas de la industria de la fundición. En particular en programas CAD y CAE ha marcado una tendencia en la manera de diseñar, pues estas herramientas han facilitado tareas de mayor complejidad, dejando espacio para prestar mayor atención a parámetros relevantes que se utilizan para la simulación en el software.

El análisis térmico y estructural en instalaciones con procesos térmicos se basa en una combinación de teoría, modelos matemáticos y técnicos experimentales. Los resultados de este análisis permiten tomar decisiones informadas sobre el diseño, la operación y el mantenimiento de las instalaciones con procesos térmicos, lo que contribuye a mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de estos procesos.

10.4 Material Aislante

Acercándonos más a lo particular, una definición más acertada, “un material aislante, se puede definir como aquellos que presentan una elevada resistencia al paso de calor, reduciendo la transferencia de este calor a su cara opuesta, por lo tanto, podemos decir que protegen del frío y del calor.” (Cano, 2017).

Por otro lado, se sabe que el aislamiento térmico contribuye a la eficiencia energética, que consiste en disminuir el consumo energético sin disminuir el confort. (MASSÓ & Yago, 2012).

En estudios realizados sobre los materiales aislantes predicen que los productos para los cerramientos mediante su conductividad térmica λ ($\text{W/m}\cdot\text{K}$) y el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ . En su caso además se podrá definir la densidad ρ (kg/m^3) y el calor específico; c_p . ($\text{J/kg}\cdot\text{K}$), por lo que se considera aislante térmico aquel material que tiene una conductividad térmica menor que 0.050 W/mK y una resistencia mayor que $0.25 \text{ m}^2\text{K/W}$. (Cano, 2017)

Por otro lado, una fuente de información diferente, acerca de a partir de que magnitud se considera un material para aislante térmico, “se considera material aislante térmico cuando su coeficiente de conductividad térmica (λ) es inferior a $\lambda < 0.10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ medido a 23°C ”. Por lo que se establece que todos los materiales oponen resistencia, en mayor o menor medida, al paso del calor a través de ellos, en algunos es muy insuficiente, como

los metales que son buenos conductores, y los materiales de construcción (morteros, ladrillos, yesos) tienen una resistencia media. Y los materiales que ofrecen una resistencia alta se llaman aislantes térmicos, por ejemplo, lanas minerales (fibra cerámica, fibra de roca o la fibra de vidrio) (Erica, 2019).

11 Instalación de Revestimientos en Hornos Industriales

La instalación, asimismo, es especial y no tanto en cuanto a la maquinaria específica que se emplea, sino por la propia habilidad y experiencia de los montadores; dado a que todo material cerámico o no, capaz de resistir las temperaturas elevadas, las condiciones del medio, otras condiciones, durante un periodo de tiempo que resulte económicamente rentable y sin deterioro de sus propiedades tanto físicas como químicas.

Algunos de los factores más destacados a considerar son bajo a qué condiciones estará expuesto el material:

11.1 Tipo de Material:

Comenzando por el ***tipo de material***; como se ha mencionado anteriormente en los materiales aislantes, la fibra cerámica es resistente a las altas temperaturas. Por lo que se desliza que un material refractario debe ser necesariamente cerámico, hay distintas variedades como el acero denominado 25/20 que es un acero refractario.

11.2 Temperatura:

La siguiente variable para considerar es la ***temperatura elevada*** en la que entrará en contacto el aislamiento térmico. Evidentemente un material que soporte los 600°C de temperatura al interior de un horno se considera como un material refractario.

11.3 Condiciones del medio:

no es suficiente con que el material soporte la temperatura elevada. También debe de ser capaz de soportar el contacto fisicoquímico del medio en la cual esté inmerso; por ejemplo: el vidrio líquido que se encuentra fundido al interior del horno.

11.4 Factor de tiempo:

El material debe de ser capaz de cumplir con los parámetros anteriores, descrito durante un tiempo predeterminado y que dé lugar a su total amortización.

11.5 Deterioro de propiedades:

El material cumple los requisitos anteriores, pero no se modifican sus propiedades, al menos como conjunto, porque es evidente que en la zona de desgaste se producirá una interfase totalmente diferente. (Tellería, 2003)

12 Clasificación de materiales refractarios:

Los materiales refractarios son componentes capaces de resistir altas temperaturas, sin deformarse, fundirse o degradarse, para ello se pueden clasificar en función, a su composición de propiedad física como la resistencia al calor, la conductividad térmica y la resistencia mecánica.

Según en el artículo de introducción a los materiales refractarios (Inoriza, 2003) la clasificación más utilizada es la que emplea la composición química como base.

A. Por su carácter químico:

Indica el carácter reactivo del material, este puede ser ácido, neutro o base. En el campo de aplicación, a alta temperatura y puestos en contacto dos materiales de diferente carácter reaccionan firmemente entre sí, llegando a la mutua destrucción. Mientras que los neutros se emplearán como materiales de separación entre los ácidos y básicos. El carácter químico nos indicará en que escoria reaccionará o con que tipos de baño sufre una reacción.

B. Composición química:

De la tabla periódica, los elementos más redundantes de un material refractario se encuentran (Sílice, Sílice-Alúmina, Magnesita, Zirconia, entre otros) en donde las características más dominantes de estos elementos son la

dureza, resistente a la compresión y un bajo coeficiente de fricción.

C. Naturaleza química:

Utilizados solo para investigación, ya que la gran mayoría de refractarios están compuestos por óxidos.

D. Presentación:

Divide los materiales en conformados, es decir, ladrillos y demás piezas de forma y no conformados o lo que es lo mismo hormigones y otros materiales, por ejemplo, fibras cerámicas.

E. Finalidad:

Los divide entre materiales densos, en general los expuestos a la cara fuego de la instalación y aislantes, que normalmente serán los materiales zagueros. (Tellería, 2003)

13 Sectores de aplicación:

- Industria siderúrgica integral: hornos altos, estufas, baterías de horno de cok, mezcladores de arrabio, cucharas, vagones torpedos, hornos eléctricos.
- Industria del acero: hornos eléctricos, convertidores, cucharas, artesas, hornos de desgasificados, hornos de tratamiento térmico y de afino, hornos de laminación de empuje y de vigas galopantes.
- Industria del vidrio: hornos de fusión de vidrio hueco y plano, baños de estaño, hornos de temple.
- Industria metalúrgica: hornos de fusión de cobre, hornos de aluminio, hornos de cocción de ánodos, hornos de pisos, hornos de plomo, torres fusores.
- Industria del cemento: hornos rotativos, intercambiadores de calor, cabezales de horno, enfriadores de satélites.
- Tratamiento de residuos: hornos de incineración de parrillas, rodillos y lecho fluidificado para residuos sólidos urbanos e industriales y cámaras de combustión.
- Industria cerámica: hornos túnel, de cámara, vagonetas, hornos de bizcochado.
- Industria petroquímica: hornos de nafta, de etano e instalaciones de proceso, calderas, hornos de cracking.
- Chimeneas.
- Industrias generales: hornos verticales, hogares de combustión para centrales eléctricas, cubilotes y hornos de

arco para fundiciones, hornos verticales de cal y rotativos para papeleras, hornos de sinterización, hornos reverberos.

Es decir, sin refractario, actualmente sería imposible fabricar acero, cemento, vidrio, cerámica, gasolina, metales no férricos, cal o productos tan cotidianos como el azúcar que consumimos. En resumen, se puede decir que se trata de un sector industrial estratégico, ya que es imprescindible para el seguimiento de procesos hacia el consumidor final. (Tellería, 2003)

14 Modelado 3D

El modelado en representación 3D, es el proceso en el que se crean interpretaciones digitales tridimensionales de objetos u escenas utilizando determinados conjuntos de programas, sistemas especializados. Dicho proceso, consiste en crear modelos virtuales que simulen la apariencia y la estructura de objetos en el mundo real, por ende, esta técnica se basa en principios de geometría, modelos matemáticos, habilidades ingeniosas para conseguir resultados realistas. Estos modelos pueden ser estáticos o dinámicos, de los cuales, el estático se representan en una posición fija, mientras que los dinámicos simulan el movimiento y la interacción de los objetos con el entorno.

Alguna de las características fundamentales en los modelos, es el nivel de realismo, sin embargo, las especificaciones generales que se dan en un prototipo son:

- Geometría detallada: tener una geometría detallada en una idea concisa en un plano o dibujo en mano alzada permite crear modelos exactos; así como de su forma, su estructura y pequeños detalles como pliegues o texturas.
- Texturas y materiales: permite simular una amplia variedad de superficies y para añadir detalles visuales.
- Iluminación y sombreado: la iluminación es un concepto a considerar en el momento de generar el prototipo, y se puede dar como una técnica de sombreado para simular la interacción con la luz.
- Renderizado de Calidad: es aquel que muestra la configuración de iluminación, materiales y efectos visuales con la máxima calidad. (MINT, 2023)

Gracias a los algoritmos del programa, se genera una representación matemática en tres dimensiones basada en vértices o puntos con coordenadas espaciales de un elemento, conectados por líneas llamadas aristas, sean rectas o curvas, que forman superficies de caras o polígonos.

El conjunto de polígonos conforma una malla de un objeto 3D que nos permite visualizar el modelo. Esta técnica es capaz de dibujar

cualquier forma con precisión desde líneas simples hasta figuras más complejas.

Para desarrollar un modelo 3D, primero se genera un objeto geométrico base llamado-primitiva, por ejemplo, un plano, una esfera, un cubo o un cilindro compuesto de numerosos polígonos. Aplicando diversas herramientas de modelado, tales como, cambiar su forma, agregar nuevos elementos de detalle, etc. Una vez agregado los detalles, se puede visualizar una imagen en 2D mediante un proceso llamado renderización 3D, lo que permite transformar el modelado en un diseño de alta definición y excelente calidad. (Saavedra, 2023).

15 Simulación en Modelos CAD

Utilizar algún tipo de programa asistido por computadora para crear algún objeto o prototipo tridimensional en los que se requiere comprobar o realizar ciertos tipos de pruebas, para después efectuarlo físicamente. Siguiendo con esta perspectiva, las simulaciones son básicamente experimentos virtuales, por ende, estos prototipos virtuales permiten probar componentes físicos sin tener el producto o pieza física, haciéndolo esta simulación como una herramienta digital importante que ahorra tiempo y recurso económico en el proceso del diseño. (CADimensions, 2023)

Para obtener resultados más precisos se deben de contemplar ciertos parámetros como las características físicas y las

propiedades del material del objeto, producto o prototipo, en los que, a través de ello, se pueden ejecutar y probar diferentes propiedades y ciertos factores como la de material, la magnitud de la carga y la dirección de la carga, etc.

16 ¿Qué es un Horno de Fundición?

Para comprender dicho proceso se define el concepto de fundición. “La fundición es un proceso de moldeo que consiste en llenar un material líquido en un molde con la forma deseada. El líquido se enfría gradualmente y se solidifica. La pieza solidificada se llama fundición. Se expulsa o se rompe el molde para finalizar el proceso. En la fundición se suelen utilizar metales o materiales de fraguado en frío, como epoxi, hormigón, yeso o arcilla. La fundición es el proceso preferido para producir formas complejas que, de otro modo, serían demasiado difíciles o costosas de realizar mediante otros métodos.” (Systèmes, 2022)

Un horno de fundición es un dispositivo utilizado para derretir y refinar metales o materiales similares mediante la aplicación de calor intenso. Este tipo de horno se usa en diversas industrias, incluyendo la metalúrgica, la de fabricación de joyas y la de reciclaje de metales.

17 Tipos de Hornos Industriales de Fundición

Como se ha descrito anteriormente, la aplicación final de los modelados y por consiguiente las simulaciones realizadas por medio del diseño asistido por computadora, se obtienen los tipos de horno acorde el tipo de industria, el más común que se puede encontrar es el horno reverbero.

17.1 Horno Reverbero

El horno de reverbero es un tipo de horno geométricamente rectangular, cubierto por una bóveda de material refractario (ladrillo), además de contener una chimenea en donde refleja o reverbera el calor producido en un sitio independiente del lugar donde se produce el calor. Normalmente es utilizado para realizar la fusión del concentrado del cobre y separar la escoria, así como para la fundición del mineral y el refinado o la fusión de metales de bajo punto de fusión como el aluminio. Dichos hornos reverberos se utilizan para la fundición tanto de metales férreos como de metales no férreos, como cobre, latón bronce y aluminio.

Sin embargo, se usan en la producción de cobre, estaño y níquel; en la producción de ciertos hormigones, cementos, y en el reciclado de aluminio.

17.2 Hornos Rotativos

Los hornos rotativos están formados por una envoltura cilíndrica de acero, de eje perceptiblemente horizontal, que termina en dos estructuras, una en cada extremo. En uno de los extremos está situado el quemador y en el otro la salida de los gases quemados, que generalmente pasan por un sistema de recuperación de calor para precalentar el aire de soplado antes de ser evacuados por la chimenea. Sin embargo, todo el interior del horno está revestido con un material refractario. Los combustibles empleados son pueden ser gas, gasoil o carbón pulverizado. La gran ventaja de estos hornos rotativos es que además de que la carga se calienta por el contacto de las llamas, los gases y por la radiación de la bóveda caliente, es que también se calienta por el contacto directo con la parte superior del horno, que al girar queda bajo la carga, teniendo como ventaja, conseguir un acortamiento del tiempo de fusión, pues se logra evitar el efecto aislante de la capa de escorias, que flota sobre el baño. Estos hornos rotativos se emplean para fundir toda clase de metales y aleaciones, de los más comunes como el cobre, bronce, latón aluminio, aceros, para realizar fundiciones maleables, etc.

17.3 Hornos de Crisol

Los crisoles son recipientes de arcilla mezclada principalmente de grafito y otras sustancias, provistos de tapa para cierre hermético, que una vez cargados y cerrados se caldean en los denominados hornos de crisoles, utilizando como elemento calefactor gas, gasoil o electricidad.

Los hornos de crisoles se construyen para el caldeo de un solo crisol, cuya parte superior sobresale del horno. Si los hornos son fijos se extrae el caldo con cuchara, pero también se construyen hornos de crisol basculantes, en los que la colada resulta más cómoda.

La ventaja de los hornos de crisol, tanto fijos como basculantes, es que la carga queda totalmente aislada y por lo tanto, no se altera su composición por efecto de los gases producidos en la combustión.

17.4 Hornos Eléctricos

Este tipo de hornos ofrecen más ventajas que los hornos convencionales, de los cuales pueden obtenerse temperaturas muy elevadas, además puede controlarse la velocidad de elevación de temperatura y mantener esta entre límites muy precisos, con regulaciones completamente automáticas. La carga queda por completo libre de contaminación del gas combustible.

Puede controlarse perfectamente la atmósfera en contacto con la masa fundida, haciéndola oxidante o reductora a voluntad, e incluso en algún tipo de horno puede operarse en vacío. Tiene mayor duración los revestimientos que en los demás tipos ya que se instalan en espacio reducido. Y el proceso de operación se realiza con mayor higiene que la de los hornos de otros tipos.

17.5 Hornos Eléctricos de Arco

La estructura de este tipo de hornos, están formados por una capa de chapa de acero revestida de material refractario, provista de electrodos de grafito o de carbón amorfo. Los electrodos de carbón de amorfo se forman en el mismo horno, llenando las camisas que llevan los porta-electrodos de una mezcla formada por antracita, coque metalúrgico, coque de petróleo y grafito, amasados con alquitrán. El arco salta entre los electrodos por intermedio del baño y aunque se construyen monofásicos, generalmente son trifásicos. Los hornos eléctricos de arco se emplean en baños de sales y para la fusión de acero, fundición de hierro, latones, bronce, aleaciones de níquel, etc. (Barta, 2023)

18 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Comenzando de lo particular a lo general, para realizar modelos 3D más complejos, con sus respectivos perfiles térmicos, se comienzan modelando un cubo de ejemplo con doble capa, esto con la finalidad de analizar cómo se comporta la temperatura al interior y exterior del cubo. A partir de ello, tener noción de cómo se interactúan los modelos con sus análisis térmicos que se vayan presentando al transcurso de otras simulaciones térmicas.

18.1 MODELADO 3D Y ANÁLISIS TÉRMICO DE UN CUBO

Haciendo uso de las fichas técnicas de los materiales refractarios, se toma en consideración que el primer cubo (interno) de revestimiento, se le asigna un material aislante; teniendo como propiedad física una conductividad térmica de $0.22 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ una densidad de la masa de 272 kg/m^3 , cuyas propiedades químicas contiene 42% de alúmina y 58% de silicio.

Para la capa externa o el segundo cubo, se le asigna material de AISI 1045 Estirado en Frío, tomando en cuenta su propiedad física; una conductividad térmica de $49.8 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ y un calor específico de $486 \text{ J/(Kg} \cdot \text{K)}$.

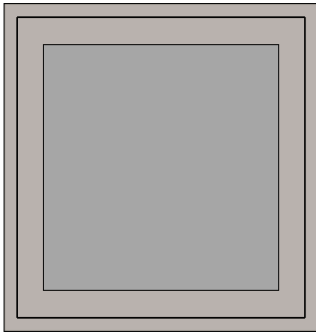


Figura 1 Ensamblaje de Cubos

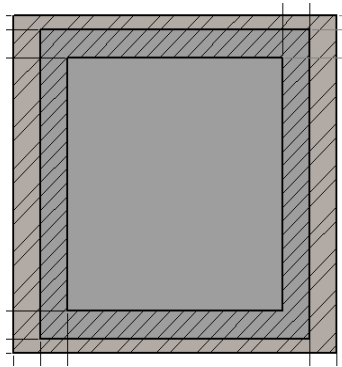


Figura 2 Vista de Corte del Ensamblaje

Para la simulación térmica se consideró:

- Temperatura Interna: 900°C
- Temperatura exterior de medio ambiente para Convección de 308.15°K (35°C)
- Coeficiente de Convección: $24 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$
- Mallado Fino.

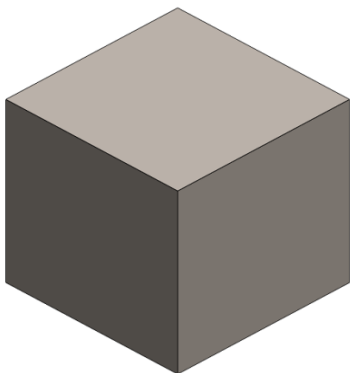


Figura 3 Vista Isométrica del Modelo

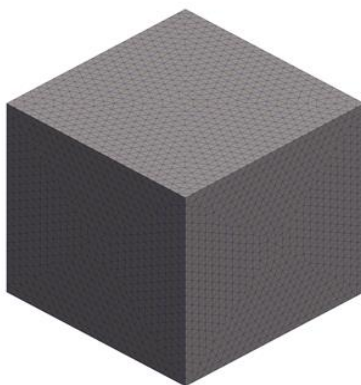


Figura 4 Formación de Mallado Fino

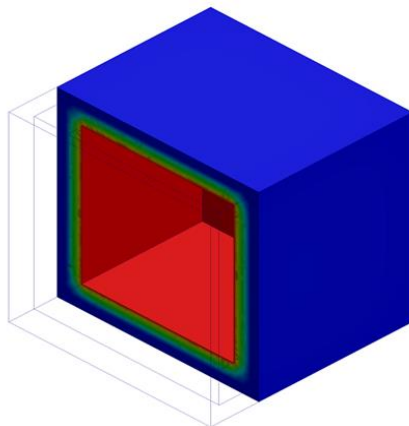
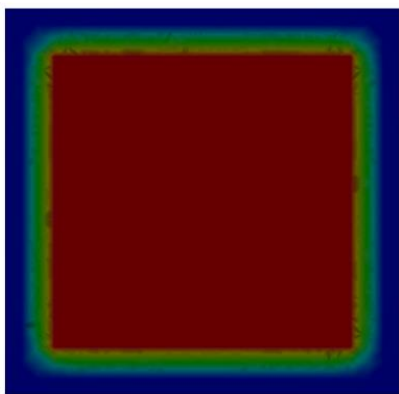


Figura 5 Resultado de Análisis Térmico en Vistas de Corte Frontal e Isométrico

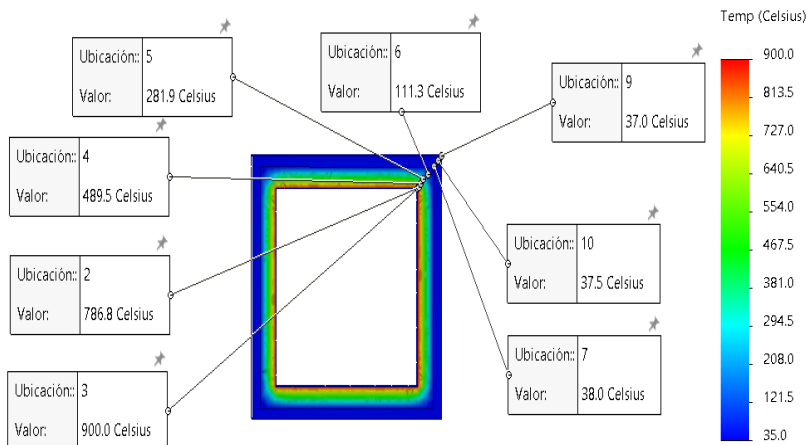


Figura 6 Resultado del Análisis Térmico en algunos puntos del Modelo

En interpretación de resultados, se puede deducir que el análisis térmico, si se comporta conforme la especificación de la escala de temperatura, además de que en los resultados si se cumplió con los datos especificados, ya que, en el primer cubo interno, la temperatura de trabajo si es de 900°C y a cómo va de manera externa, la temperatura va disminuyendo, hasta ir enfriando, alcanzando una temperatura ambiente de 35°C, decreciendo de manera uniforme.

18.2 MODELADO 3D Y ANÁLISIS TÉRMICO A UNA ESFERA

Como se comprendió el comportamiento de un cubo descrito anteriormente, ahora se analiza para un modelo Esfera, ya que por sus características el sólido es redondo, a comparación del cubo que las caras que tiene son planas en ambas capas que tuvo; por lo que ahora también se puede exhibir un comportamiento complejo debido a la presencia de dos capas con diferentes propiedades térmicas, experimentando fenómenos sobre el comportamiento de la conducción a través de las capas.

Para ello se realiza el modelado 3D de la primera esfera, en donde se asigna como material nuevo en el software (Refractario 1); cuyas propiedades físicas y químicas son:

- Conductividad Térmica: $2.4 \text{ W}/(m * K)$
- Densidad de la masa: $2510 \text{ kg}/m^3$
- Contenido de alúmina: 57.3%
- Contenido de silicio: 36.7%

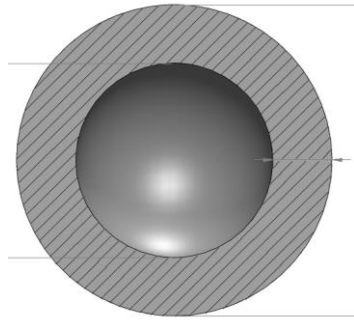
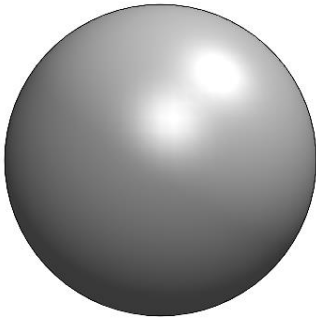


Figura 7 Modelado 3D de la Esfera Figura 8 Vista de Corte Frontal de la Esfera

Para la capa externa o la esfera exterior, se considera un acero AISI 1020; se elige este material por ser un conductor de calor, dado a que en el software de SolidWorks ya viene incluido en la lista de materiales, además de que solamente se necesitarán algunos datos de su propiedad térmica, como lo son:

- Conductividad Térmica: $47 \text{ W}/(\text{m} * \text{K})$
- Calor Específico: $420 \text{ J}/(\text{Kg} * \text{K})$

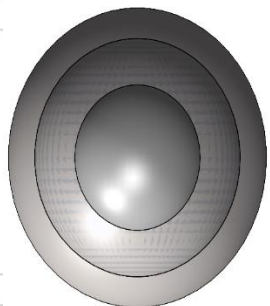
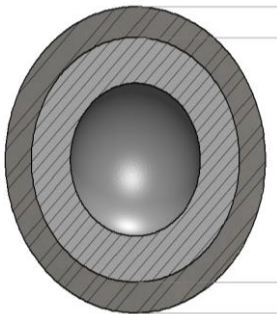


Figura 9 Ensamblaje de la Esfera y en Vista de Corte Frontal

Una vez definido completamente el ensamblaje, se procede a realizar un análisis térmico, con la finalidad de obtener el comportamiento que tendrá la esfera al aplicarle ciertos parámetros en el software. Para ello se considera:

- Temperatura interna de 850°C
- Coeficiente de Convección de $24 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$
- Temperatura Ambiente: 308.15°K (35°C)
- Escala de Temperatura: Automático
- Mallado Fino.

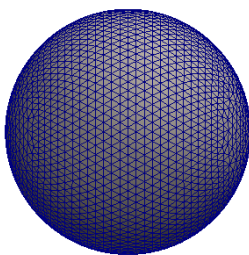


Figura 10 Formación de Mallado Fino

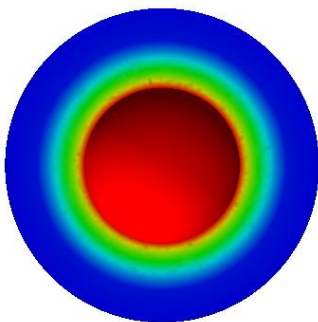


Figura 11 Resultado del Análisis Térmico acorde a la escala de Temperatura en Celsius

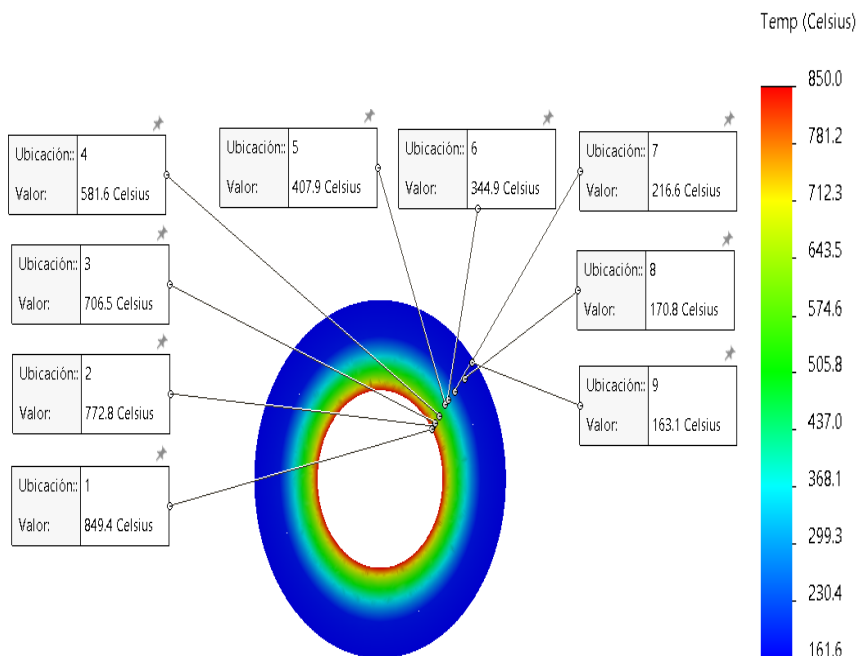


Figura 12 Resultado del Análisis Térmico en algunos puntos del Modelo

En interpretación de resultados, se puede deducir que el análisis térmico, si se comporta conforme la especificación de la escala de temperatura, además de que en los resultados si se cumplió con los parámetros especificados, ya que en la primera esfera interna, la temperatura de trabajo si es de 850°C y a cómo va de manera externa de la esfera, la temperatura va disminuyendo, hasta ir enfriando, alcanzando una temperatura ambiente de 162°C, decreciendo de manera uniforme, conforme la escala de temperatura automática.

18.3 ANÁLISIS TÉRMICO DE PLACAS

De igual manera, se realizan análisis térmicos a dos placas, una placa con un ángulo y otra con una placa más grande, en ambas placas se va a aplicar temperatura en la parte de en medio y en una esquina en donde se unen las dos partes de la placa. Esto con la finalidad de ver el comportamiento que se tiene en ambos casos.

Para el primer modelo de placa se consideró:

- Material en SolidWorks: ASTM A36 Acero
- Una Temperatura de 100°C
- Coeficiente de Convección de $15 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$
- Temperatura exterior de medio ambiente para Convección de: 303.15°K (30°C)
- Escala de temperatura mínima: Automático
- Mallado Estándar.

Las medidas corresponden a centímetros

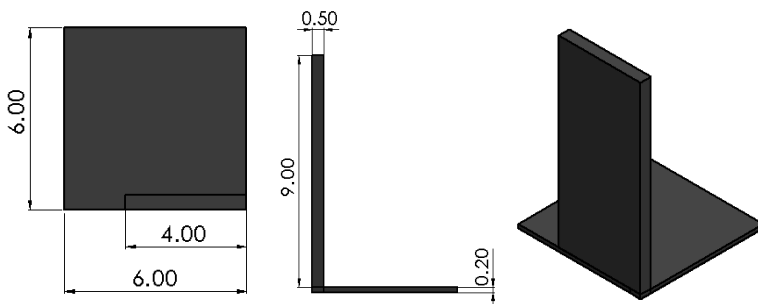


Figura 13 Modelado 3D de las placas, en sus 3 Vistas Estándar

Ejemplo 1: Concentración de calor en la esquina inferior de la placa

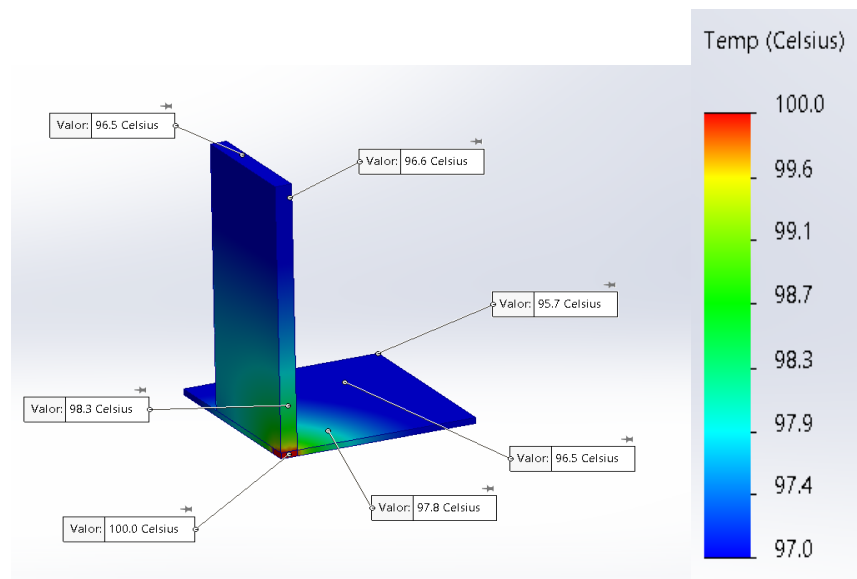


Figura 14 Resultados del primer modelo de la Placa en algunos puntos

Ejemplo 2: Concentración de calor en la parte de en medio de la placa.

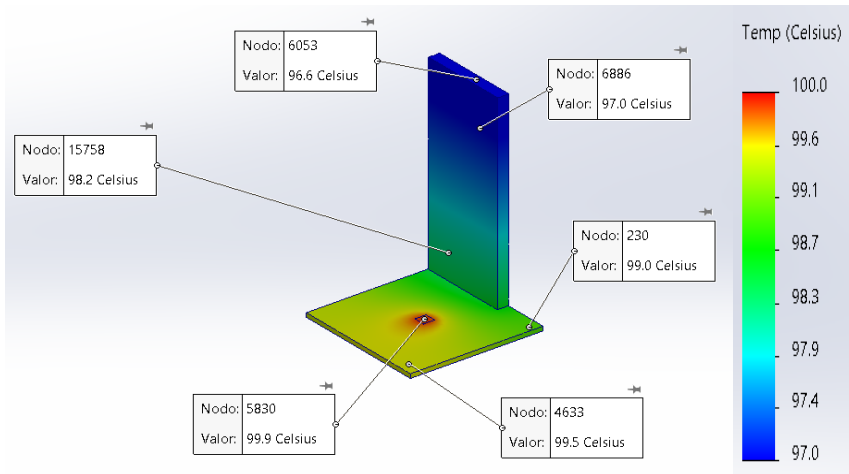


Figura 15 Resultados del Análisis Térmico aplicando Calor en la parte media de la base

Para el segundo modelo que es una placa con ángulo se consideró:

- Material en SolidWorks: ASTM A36 Acero
- Una Temperatura de 150°C
- Coeficiente de Convección de $24 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$
- Temperatura exterior de medio ambiente para Convección de: 303.15°K (30°C)
- Escala de temperatura mínima: Automático
- Mallado Estándar.

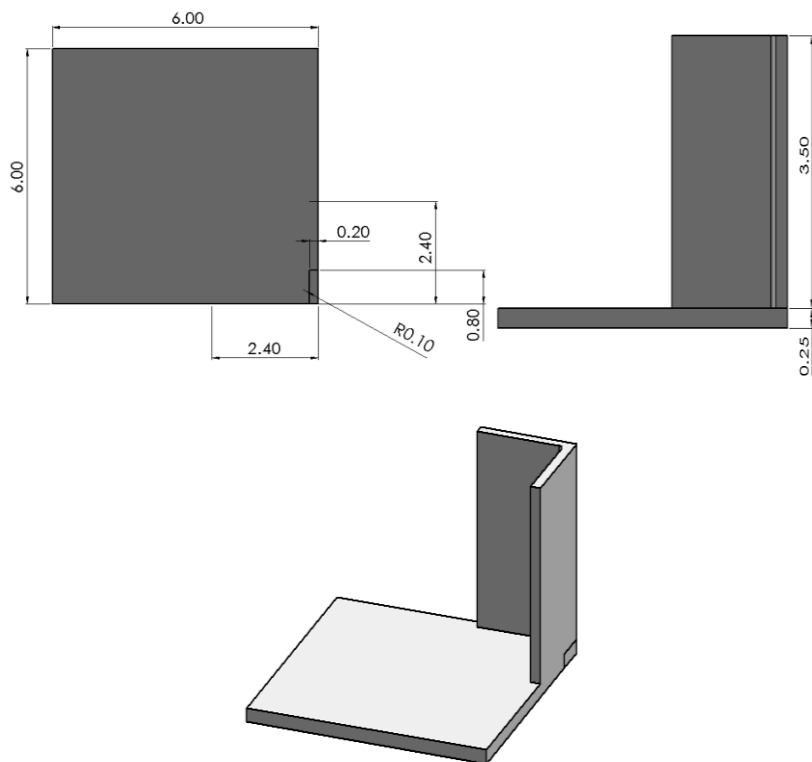


Figura 16 Modelo 3D de la Placa con Ángulo en sus 3 Vistas Estándar

Ejemplo 1: Concentración de calor en la esquina inferior del ángulo y la placa.

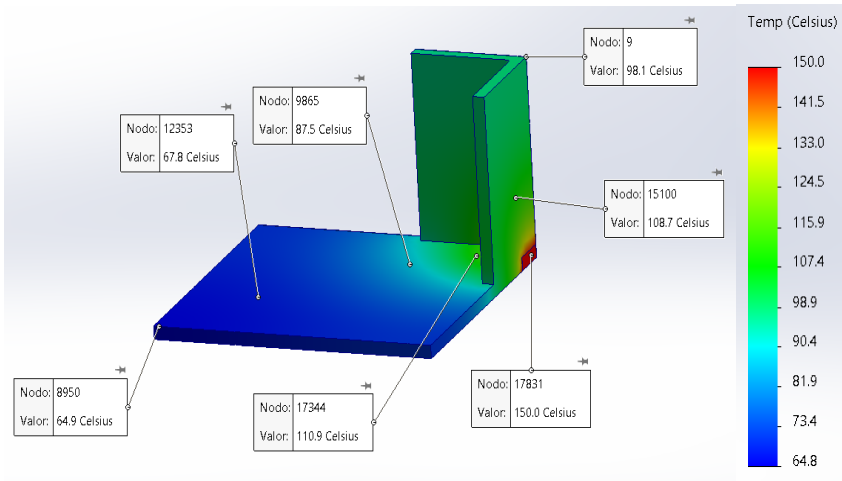


Figura 17 Resultados del Análisis Térmico, aplicando calor en la esquina inferior de la Placa

Ejemplo 2: Concentración de calor en la parte de en medio de la placa.

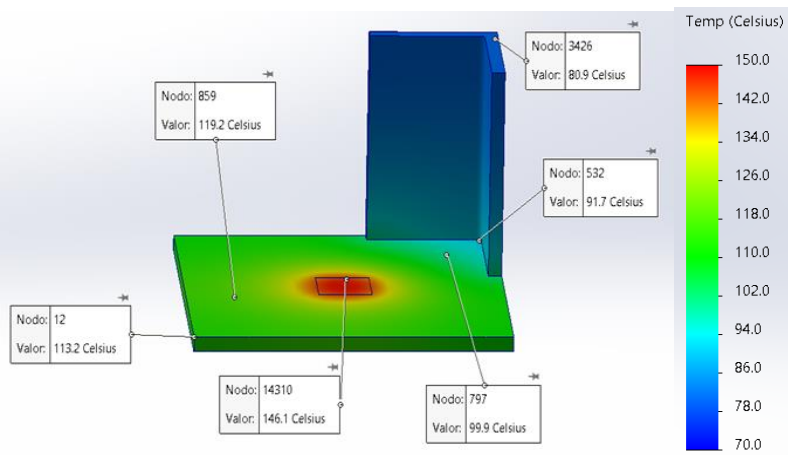


Figura 18 Resultados del Análisis Térmico, aplicando calor en el centro de la base del modelo

Como resultado se puede deducir que la parte más fría se concentra en el ángulo, esto debido a que es otra pieza ensamblado a la placa, funcionando, así como un disipador de calor.

18.4 TERMOGRAFÍA

Como parte de los análisis térmicos de temperatura, la termografía permite visualizar patrones de temperatura de los objetos a través de radiación de onda que emiten en el espectro infrarrojo; dicha radiación se percibe como calor.

Para ello como actividad se destaca; realizar termografía a dos motores uno en estado (encendido) y otro en estado (apagado), el modelo para ambos motores es un Honda GX 200.



Figura 19 Motor de Mezcladoras, Modelo Honda GX

Con el uso de un termógrafo se procede a realizar la toma de fotografías correspondientes al motor encendido y por consecuente al motor apagado, esto con la finalidad de observar la diferencia de temperatura que hay en ambos motores, considerando a que se encuentran en un clima de medio ambiente.

Realizando las tomas considerables, se procede a transferir las fotografías a la computadora, para posteriormente editar las tomas por medio del software de edición de FLIR Tools, en donde se puede modificar la escala de temperatura y de ello agregar ciertos puntos en distintas ubicaciones para obtener que temperatura hay en ciertos puntos.



Figura 20 Software para edición de Imágenes Termográficas

El uso del software ofrece una interfaz amplia, en donde se puede generar el reporte por predeterminado una vez que se hayan modificado las imágenes previas.

Abriendo el software de FLIR se procede a abrir las imágenes a editar, comenzando con la selección de la opción correspondiente a Templates > Import Templates

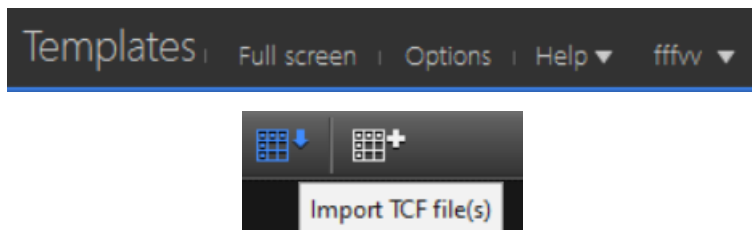


Figura 21 Barra de Herramientas

De manera automática se desplegará la ventana de explorador de archivos en donde se añaden las imágenes correspondientes a editar.

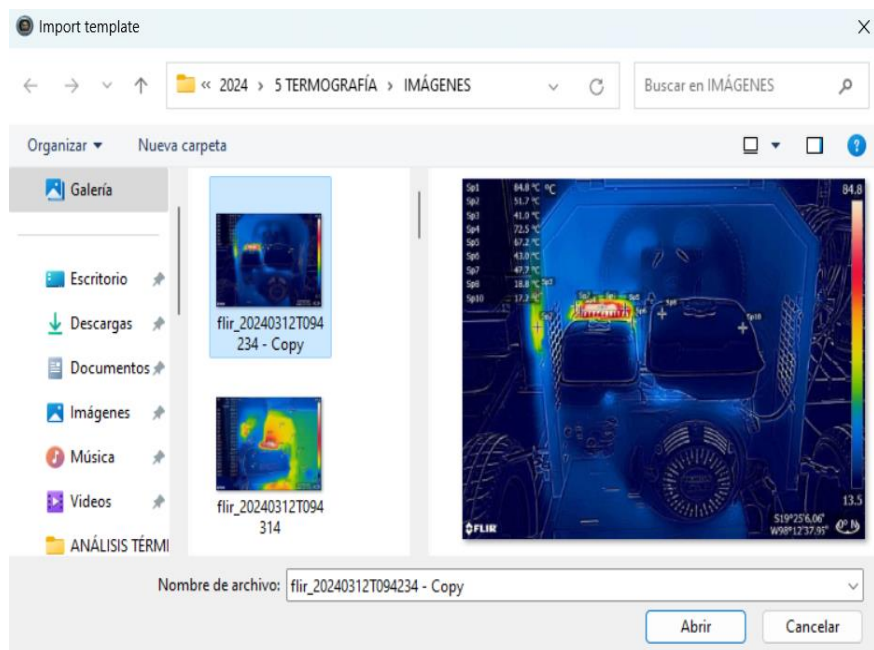


Figura 22 Ventana de Explorador de Archivos

Una vez seleccionado el archivo de manera automático se abre la respectiva imagen para realizar la edición correspondiente.



Figura 23 Perspectiva de Imagen para realizar edición de Escala

Los parámetros a considerar para la edición de las fotografías:

- El tipo de escala (Arctic)
- Agregar puntos en ubicaciones para la muestra de temperatura

Iniciando con la edición del motor encendido, agregando los parámetros anteriores de la paleta de escala (Arctic), por consecuente agregar los distintos puntos para observar que temperatura hay en distintos partes del motor.

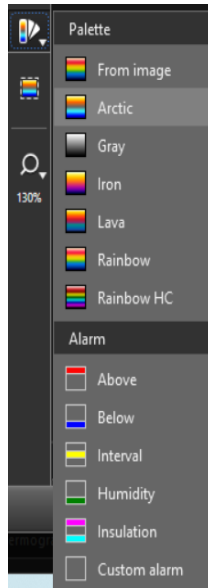


Figura 24 Selección de Escala Correspondiente

Agregando los puntos en distintas ubicaciones, de manera automática nos indica que temperatura hay en ciertos puntos.

Vista Frontal (Motor Encendido)	
Measurements	
Sp1	85.7 °C
Sp4	76.0 °C
Sp5	67.2 °C
Sp6	43.0 °C
Sp7	51.0 °C

Figura 25 Resultados de Temperatura de algunos puntos de la imagen

Repitiendo los pasos a seguir para cada fotografía, considerando los parámetros mencionados anteriormente, se obtienen de manera automática los resultados de distintos puntos. En este caso la toma realizada a considerar es para la vista frontal y superior del motor encendido.

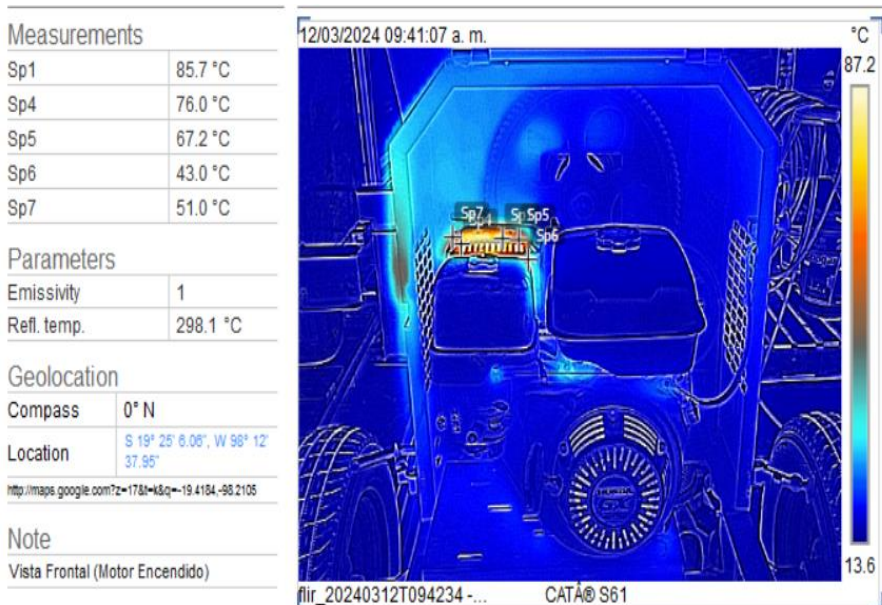


Figura 26 Resultados Termográficos del motor en Toma fotográfica Frontal

Measurements

Bx1	Max	119.0 °C
	Min	14.7 °C
	Average	25.4 °C
Sp1		117.7 °C
Sp2		118.0 °C
Sp3		92.5 °C
Sp4		95.6 °C
Sp5		90.9 °C
Sp6		96.6 °C
Sp8		71.0 °C
Sp12		40.5 °C

Parameters

Emissivity	1
Refl. temp.	298.1 °C

Geolocation

Compass	0° N
---------	------

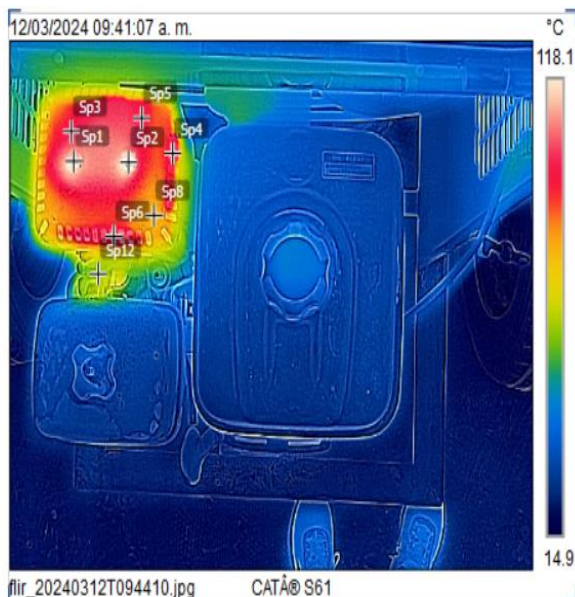


Figura 27 Resultados Termográficos del motor en Toma fotográfica Superior

Considerando los mismos parámetros, pero ahora para el motor en estado apagado, se realizan los ajustes correspondientes, trabajando en la misma escala de Arctic y añadiendo puntos en distintas partes del motor para obtener la temperatura que se tiene en dichos puntos.

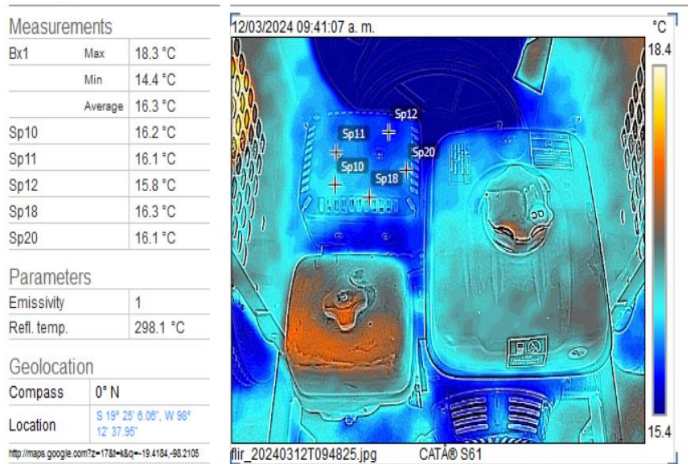


Figura 28 Resultados Termográficos del motor en Toma fotográfica Superior en Estado Apagado

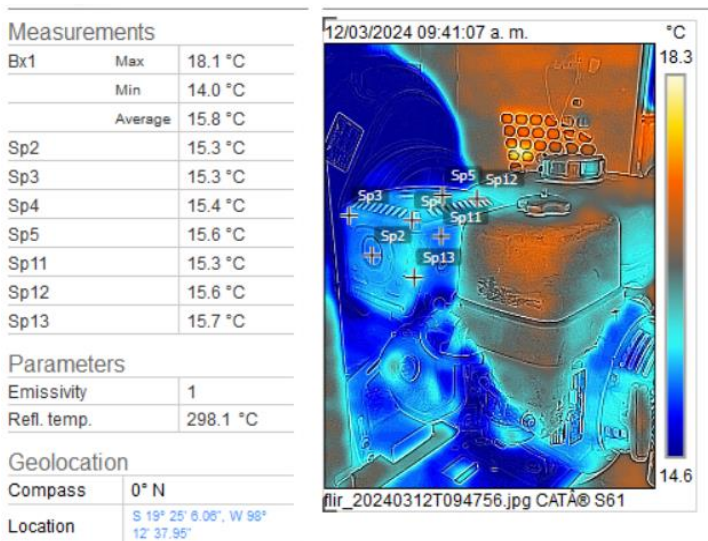


Figura 29 Resultados Termográficos del motor en Toma fotográfica Frontal en Estado Apagado

De manera comparativa de ambos motores en (encendido y apagado) ya con los resultados de temperatura obtenidos anteriormente, se puede hacer la comparación de la diferencia que se tiene en ambos casos.

A primera instancia de diferencia encontrada es el color de la escala, puesto a que el motor encendido tiende a estar en rojo en las zonas con mayor temperatura; en lo contrario para el motor apagado tiende a estar en azul considerándose como un elemento frío.

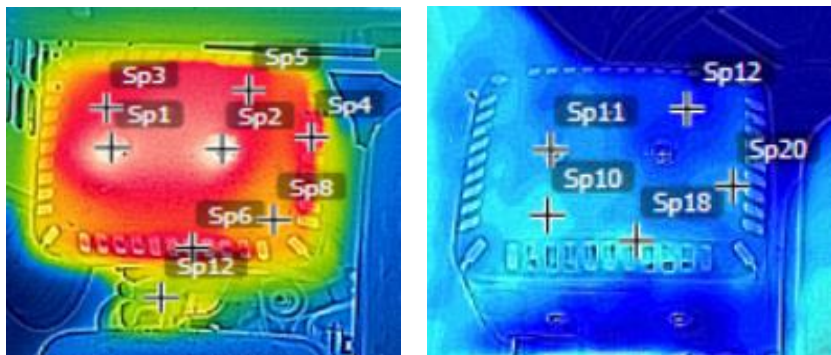


Figura 30 Comparación de escala de Termográfica del motor en estado Encendido y Apagado

Siguiendo la secuencia, ya con los puntos asignados en distintas zonas del motor, se puede deducir los resultados de temperatura obtenidos en ciertos puntos.

Measurements

Bx1	Max	119.0 °C
	Min	14.7 °C
	Average	25.4 °C
Sp1		117.7 °C
Sp2		118.0 °C
Sp3		92.5 °C
Sp4		95.6 °C
Sp5		90.9 °C
Sp6		96.6 °C
Sp8		71.0 °C
Sp12		40.5 °C

Measurements

Bx1	Max	18.3 °C
	Min	14.4 °C
	Average	16.3 °C
Sp10		16.2 °C
Sp11		16.1 °C
Sp12		15.8 °C
Sp18		16.3 °C
Sp20		16.1 °C

Figura 31 Comparación de Datos de Temperatura obtenidos en ambos casos

En comparación se puede deducir que la diferencia en ambos motores es de 100°C de temperatura en calor producido por el motor encendido.

18.5 PARTICIPACIÓN EN PROGRAMAS EHS COMO INDUCCIÓN PARA ACCESO EN PLANTAS PRODUCTIVAS.

La seguridad y protección personal en la industria son aspectos críticos que no solo salvaguardan la integridad de los trabajadores, sino que también contribuyen al funcionamiento eficiente y sostenible de las operaciones industriales. La implementación de medidas de seguridad se erige como un pilar fundamental en entornos donde los riesgos inherentes a las actividades laborales pueden variar desde exposición a productos químicos hasta peligros mecánicos y térmicos.

Estas medidas abarcan una diversidad de aspectos, desde la utilización de equipo de protección personal (EPP) adecuado hasta la implementación de protocolos de emergencia y la formación constante del personal. La importancia de estas medidas no solo reside en el cumplimiento normativo, sino también en la promoción de un ambiente laboral que prioriza la salud y seguridad de cada trabajador.

Sin embargo, se destaca la necesidad imperante de establecer y mantener rigurosas medidas de seguridad y protección personal en la industria. Al hacerlo, se fomenta un entorno laboral donde los trabajadores pueden desempeñar sus funciones con confianza y tranquilidad, al tiempo que se minimizan los riesgos potenciales. En última instancia, la seguridad y protección personal no solo

preservan la salud de los empleados, sino que también contribuyen al éxito sostenible de las operaciones industriales.

Para tener acceso y comenzar a realizar cualquier trabajo en industrias; tanto como para contratistas, proveedores, etc. Todo trabajador que realizará alguna labor debe de seguir los parámetros de seguridad que rige la empresa, sin embargo, esto es clasificado conforme las distintas áreas de operación de trabajo,

Uno de los conceptos base que toman a consideración, son las EHS, en donde hace referencia al Medio Ambiente, Salud e Higiene y Seguridad, partiendo de una estructura jerárquica laboral. Mismas reglas suelen estar estandarizadas y normalizadas, pero en factores de determinación suelen cambiar conforme a los requerimientos de la industria.

La visión **EHS** es finalizar cada día libre de lesiones e incidentes. Teniendo como guía la intención de proporcionar pautas claras, para garantizar que los riesgos se manejen de manera efectiva.

Además de que todos los empleados, contratistas y visitantes cumplan con las reglas de Oro. Todos los líderes monitoreen el cumplimiento.

Uno de los conceptos a tomar a consideración son las 6 reglas de Oro o también conocidas como las reglas no Negociables:

- 1) EPP: El equipo de protección personal (EPP) es el equipo que se usa para reducir la exposición a sustancias químicas

peligrosas. Los guantes, la ropa y las gafas protectoras, cofia, casco, tapones auditivos, cubre bocas y los respiradores son tipos de EPP.

- 2) Bloqueo de energías de LOTO: Se refiere a los procedimientos utilizados para asegurar que el equipo esté apagado e inoperable hasta que se completen los trabajos de mantenimiento o reparación. El bloqueo y etiquetado es la (des energización) y protección de equipos, maquinaria o procesos para que no se vuelva a activar la energía peligrosa durante el servicio o la reparación. Esto incluye cerrar las válvulas y los circuitos eléctricos, neutralizar las temperaturas extremas, asegurar las piezas móviles y más.
- 3) Trabajos en las Alturas: es aquel que se realiza en cualquier lugar en donde, si no se han adoptado las precauciones necesarias, una persona puede caer desde una altura que puede provocar lesiones. La altura máxima que considera la industria como un trabajo de altura es de 1.20mts.
- 4) Operación de Maquinaria: No operar, no manipular algún tipo de material de un equipo sin las herramientas adecuadas.
- 5) Autoridad: Todos los empleados están autorizados a detener una actividad, cuando no estén seguros de las medidas de seguridad del trabajo a desarrollar.
- 6) Equipo móvil: Antes de usar algún equipo de traslado, es necesario antes de utilizarlo, realizar un chequeo, en donde

se revisan los frenos, neumáticos, etc. Y la velocidad máxima es de 10km por hora. Además de utilizar el cinturón de seguridad y no utilizar el celular mientras se conduce la unidad móvil.

Con el uso de las reglas, se puede llegar con el BPM (Buenas Prácticas de Manufactura)

Las reglas forman parte de la inocuidad, que es no causar daño a la salud del consumidor final, basándose en el sistema de gestión calidad e inocuidad, Ofreciendo distintos programas que ofrecen actividades y estándares necesarios para asegurar un ambiente higiénico a lo largo de la producción.

Protocolo de Seguridad y Emergencias:

La importancia de seguir con los protocolos es que ayudan a prevenir accidentes y lesiones, protegiendo la salud y la vida de los empleados.

Las emergencias se pueden presentar en cualquier momento y esas consecuencias pueden afectar a personas, producto, proceso y planta general. Para ello se siguen distintos protocolos para evitar distintos daños. De los más destacados son:

- Mantener la calma, no correr, no gritar, no empujar.
- Prohibido utilizar dispositivos electrónicos en áreas de operación

- Identificar equipos contra incendio, rutas de evacuación, salidas de emergencia.
- Seguir las recomendaciones de las brigadas internas. (Evacuación, comunicación, primeros auxilios, fugas y derrames, combate de incendios, búsqueda y rescate)

Siguiendo con los protocolos, la estandarización de residuos se basa por medio de un código de colores, mediante cual se realiza la clasificación adecuada para cada desecho, identificando materiales peligrosos que, durante su manejo, transporte y almacenamiento, puede representar un peligro para la integridad de los seres humanos, flora, fauna y el medio ambiente.

Por lo que se debe de identificar la fuente y situación con potencial de daño en términos de lesiones o daños a la salud, de los más comunes

1. Material caliente
2. Productos Químicos
3. Electricidad
4. Equipos Rotativos
5. Herramientas Manuales.

Evitar un riesgo; resultado de la combinación de probabilidad, frecuencia de que ocurra un peligro específico (quemadura, caída, choque, corte, intoxicación)

Uno de los conceptos que se consideran en el riesgo, es el control, que es una barrera que ayuda a eliminar, reducir un riesgo. Si un riesgo no se controla puede resultar en una lesión.

De por medio está la seguridad e integridad haciendo uso de las normas procedimientos y estrategias para preservar la integridad física de los trabajadores

Seguridad: sistema de disposiciones que tiene por objetivo la prevención y evaluación de riesgos, así como la protección de incidentes y enfermedades.

Reglamento interno:

El reglamento interno de trabajo hace referencia a un conjunto de normas que deben ser cumplidas tanto por los colaboradores como por los patrones; es decir, se trata de un acuerdo bilateral que señala las obligaciones o estatutos que deben cumplirse dentro de una empresa.

Al respecto, la Ley Federal del Trabajo, en el capítulo V de los artículos 422 al 425, señala que cada reglamento es único de acuerdo con la organización o el sector al que pertenezca la misma. (COFIDE, 2023)

- **Seguridad Industrial:** es un área dentro de las empresas que trata de manera sistemática la prevención de lesiones o accidentes de trabajo en plantas industriales.

Su mayor utilidad consiste en minimizar la ocurrencia de accidentes laborales, actuando como agente preventivo en vez de reactivo, sin embargo, cubre también el manejo e investigación de accidentes e incidentes, en caso de llegar a presentarse. (IECA, 2021)

Trabajo de Alto Riesgo TAR:

Los trabajos de alto riesgo son todas las actividades que por su naturaleza o lugar donde se realiza, implica la exposición o intensidad mayor a las normalmente presentes en la actividad rutinaria las cuales pueden causar accidentes laborales severos y en muchas ocasiones, mortales. Las que se catalogan como tal son: trabajos en alturas, trabajos en espacios confinados, trabajos en caliente, trabajos con energías peligrosas y trabajos con sustancias químicas peligrosas. (Starprotegido, 2022)

18.6 PARTICIPACIÓN EN PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN DE ESPECIALIDAD EN TECNOLOGÍAS CAD.

Los programas de especialidad en tecnologías; por sus siglas en ingles CAD (Computer-Aided Design) Diseño Asistido por Computadora, son herramientas fundamentales para las industrias, desde la ingeniería hasta el diseño industrial. Estos programas permiten a los diseñadores crear modelos virtuales precisos de productos, estructuras y sistemas, agilizando el proceso de diseño, análisis y fabricación.

Como parte introductoria, se toma en consideración los productos que ofrece el software de SolidWorks, sin embargo, se debe activar la paquetería, esto con la finalidad para poder realizar estudios estáticos, térmicos, etc. Haciendo hincapié, hay dos formas de activar los productos, uno es realizándolo desde la instalación del software y la otra forma es yendo directamente a la opción de ajustes > complementos y activar la función de SOLIDWORKS SIMULATION > aceptar.

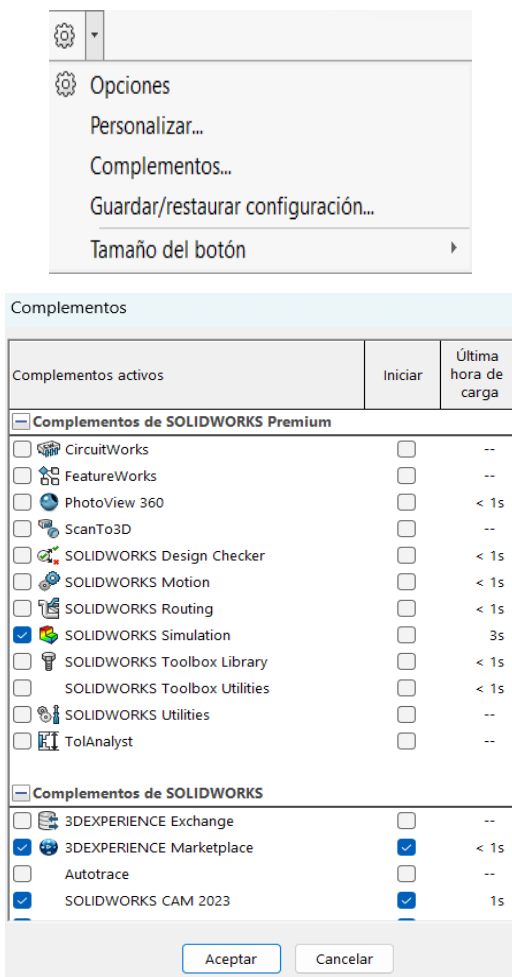


Figura 32 Activación de Paquetería de SolidWorks

La función de SOLIDWORKS SIMULATION permite someter diseños a condiciones reales, para aumentar la calidad del producto al tiempo que reduce los costes de la creación de prototipos y las pruebas físicas.

Es un paquete de herramientas que utiliza el análisis de elementos finitos (FEA) para predecir el comportamiento físico real de un producto mediante la prueba virtual de modelos CAD, proporcionando capacidades de análisis dinámicos.

Iniciando con la participación para hacer uso de las tecnologías CAD, se realiza primero las piezas en las que se aplicarán dichas pruebas de estudio.

Las piezas a elaborar son:

1. Un perno de sujeción, asignándole como material un acero AISI 1020.
2. Perno conector, con un material de Bronce de Aluminio.
3. Base o Cuerpo, de material de Oro Puro.

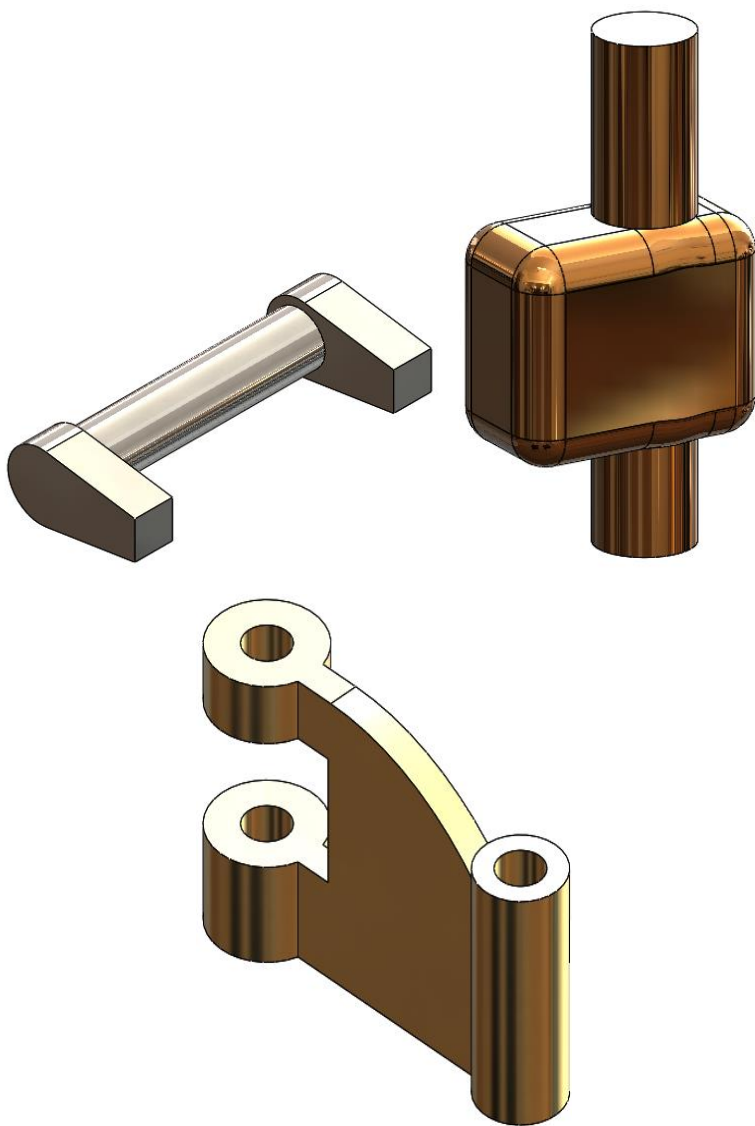


Figura 33 Piezas elaboradas para la realización de simulaciones de estudio

Una vez elaborado las tres piezas en 3D, se procede a realizar el ensamblaje general, agregando las relaciones de posición correspondientes para obtener un modelo completamente definido.

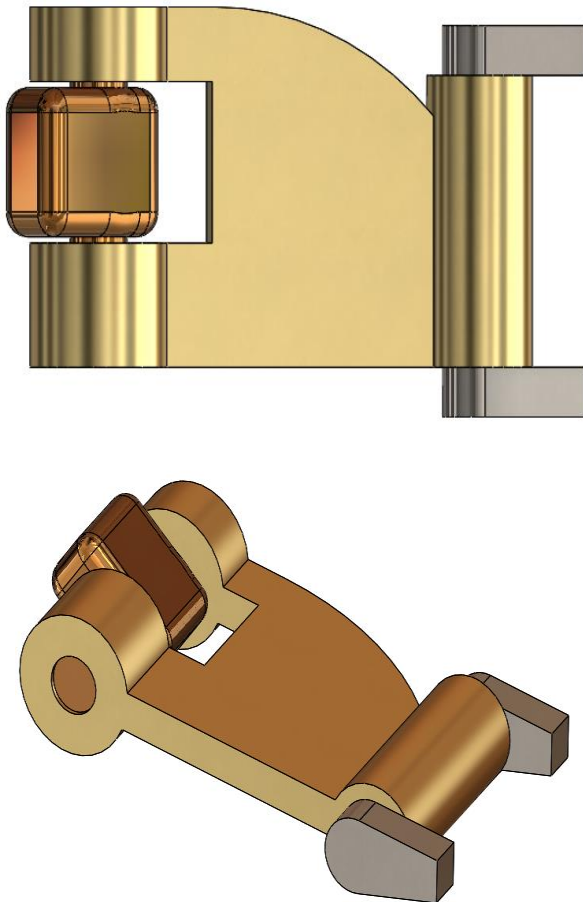


Figura 34 Ensamblaje de Componentes en vista Superior e Isométrica

18.6.1 Fatiga

Una vez obtenido el ensamblaje completo, el primer estudio realizado fue el de Fatiga.

Los estudios estructurales lineales y no lineales no predicen fallos originados por la fatiga, sino que calculan la respuesta de un diseño sujeto a un entorno específico de restricciones y cargas. Si se consideran las suposiciones de análisis y se determina que las tensiones calculadas están dentro de los límites permitidos, los estudios concluyen que el diseño es seguro en este entorno independientemente de cuántas veces se aplique la carga. Por lo que la fatiga da como resultado un daño estructural progresivo, frágil y localizado, causado por una carga cíclica.

Como dicho estudio de fatiga va a la par con el análisis de estático lineal, se dice que cuando se aplican cargas a un sólido, el sólido se deforma y el efecto de las cargas se transmite a través del sólido. Las cargas externas inducen fuerzas internas y reacciones para renderizar el sólido a un estado de equilibrio. El análisis estático lineal calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias, las tensiones y las fuerzas de reacción bajo el efecto de cargas aplicadas.

Para dicho estudio se considera:

- Análisis estático FN 2000 N.
- Sujeción fija.

- Contacto global entre componentes/Unión rígida entre componentes
- Esfuerzos -0,5 a 3 Mpa
- Cálculo 100,000 ciclos
- Mallado: Predeterminado.
- Escala mínima: Automática

Para agregar los parámetros se prosigue con el desarrollo de pasos en cómo hacer una simulación de estudio de cualquier tipo; para ello en la barra de opciones, seleccionar la opción de Complementos SOLIDWORKS > SOLIDWORKS SIMULATION y de forma automática se agregará la opción de Simulation.

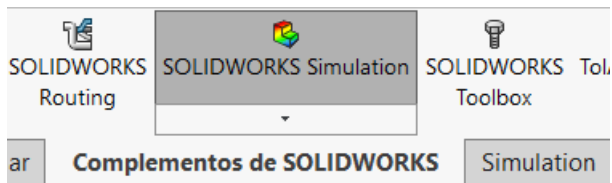


Figura 35 Activación de SolidWorks Simulation

Una vez activado la opción de “Simulation” con esta herramienta podemos realizar un nuevo estudio desde la pestaña de opciones.

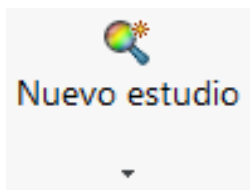


Figura 36 Creación de Nuevo Estudio

Después de haber seleccionado la opción de nuevo estudio, de forma automática se desplegará la lista de estudios a realizar. Y siguiendo estos pasos podemos realizar algún tipo de estudio según lo que se requiera.

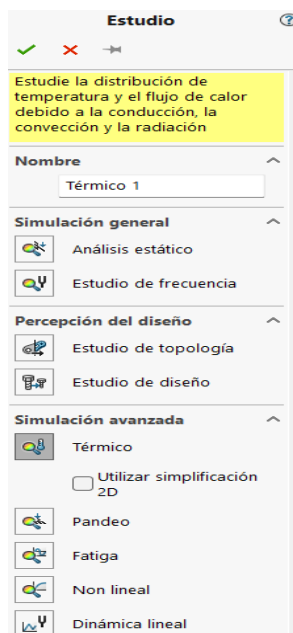


Figura 37 Determinación del Tipo de Estudio

A primera instancia se agrega la sujeción fija en las bases del perno de sujeción poniéndolo como geometría fija.

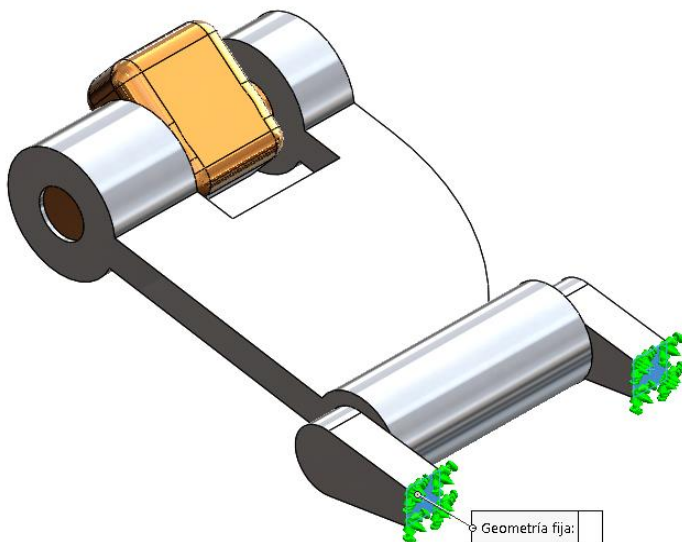


Figura 38 Parámetros de Geometría Fija

Una vez agregado los parámetros anteriores, se procede a ejecutar el estudio, dando como primer resultado el estudio de análisis estático, además que la escala se establece de manera predeterminada. Como primer resultado de estudio es la tensión que aborda la distorsión máxima.

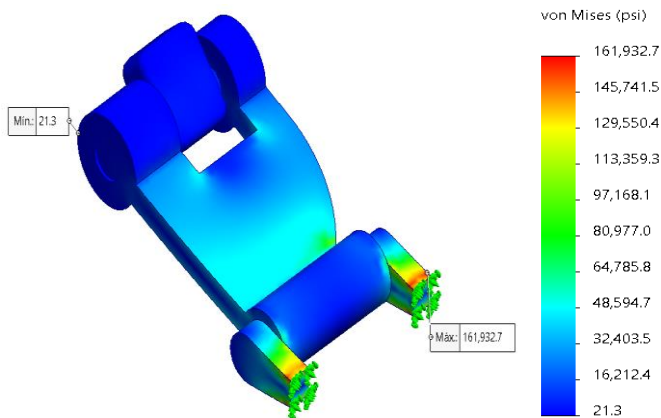


Figura 39 Resultado Preliminar del Estudio de Fatiga

Por consiguiente, se tiene el resultado del desplazamiento que se tendría en el modelo, por lo que en el resultado se observa cómo avanza el desplazamiento, tomando en cuenta que hay una sujeción fija.

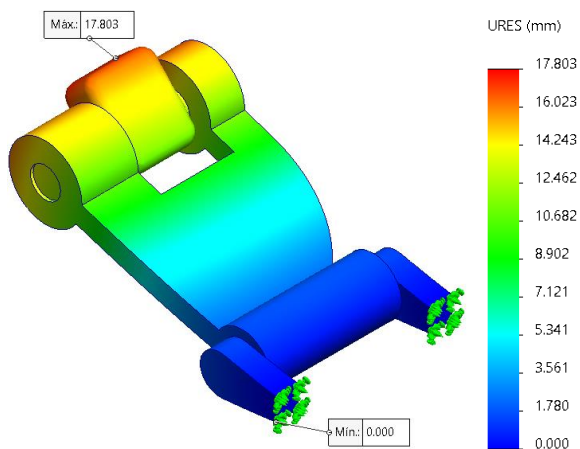


Figura 40 Resultado Preliminar de estudio de desplazamiento

Por lo tanto, entrándose al estudio de la fatiga se obtiene el porcentaje de Daño obtenido en el modelo.

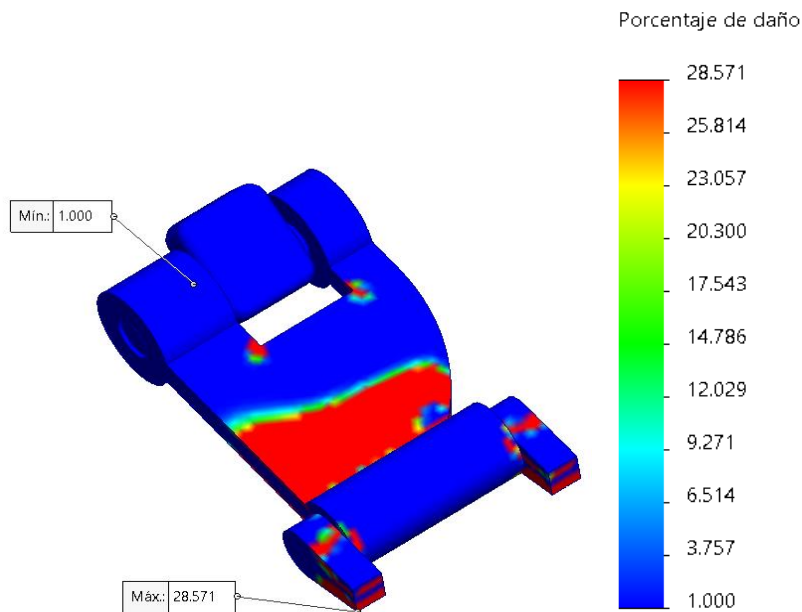


Figura 41 Resultado Preliminar del Porcentaje de Daño

18.6.2 Análisis Térmico

Realizando el siguiente estudio ahora de perfil térmico, es que este análisis calcula la distribución de temperatura en un cuerpo producida por algunos o todos estos mecanismos. En todos ellos, la energía calorífica fluye desde el medio con mayor temperatura al medio con menor temperatura. La transferencia de calor por conducción y convección requiere la presencia de un medio interviniente, mientras que la transferencia de calor por radiación no lo necesita.

Por lo que se procede a agregar la temperatura de trabajo, en este caso la temperatura será aplicada en las bases del perno de sujeción, añadiendo una temperatura de 1000° Celsius. Y agregar un mallado fino por todo el modelo.

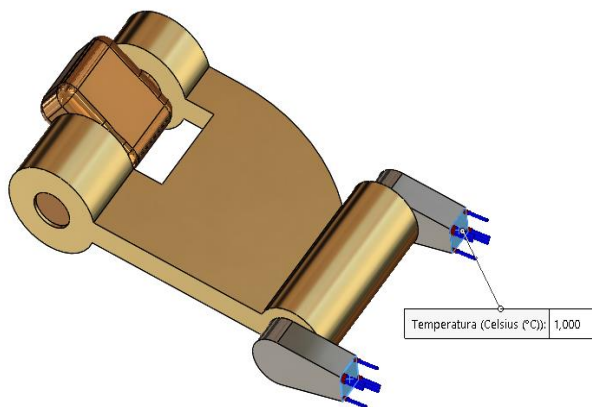


Figura 42 Parámetro de Temperatura en la base del Perno

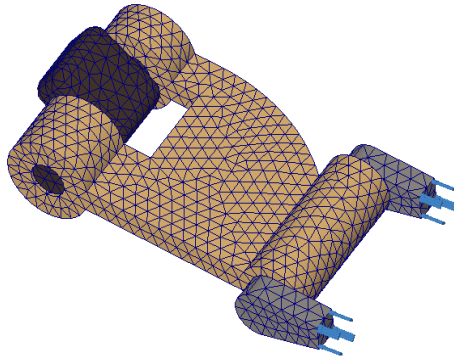


Figura 43 Formación de Mallado

Como siguiente y último paso es ejecutar el estudio para observar los resultados, ya que este estudio de ejemplo fue sencillo de realizar.

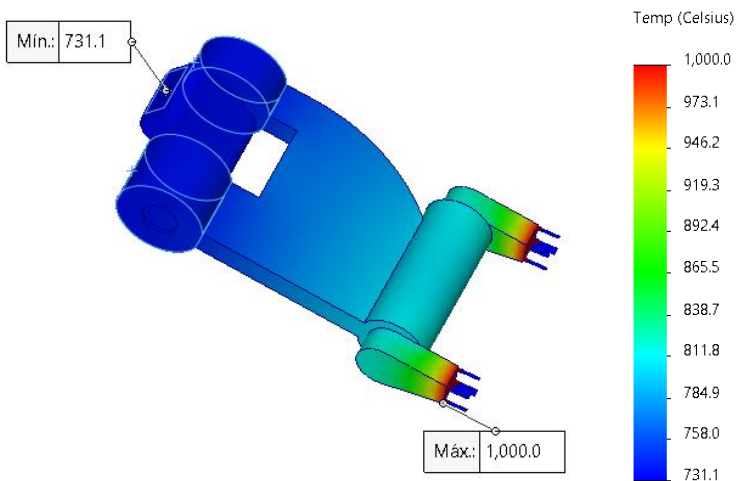


Figura 44 Resultado Preliminar del Estudio Térmico

En escala de temperatura mínima viene por predeterminado, con la finalidad de observar cómo se disipa el calor aplicado mediante toda la pieza.

Como siguiente estudio a realizar es el análisis de pandeo; los modelos tienden a deformarse bajo a una carga axial. El pandeo se define como la deformación repentina que se produce cuando la energía de la membrana almacenada (axial) se convierte en energía de deformación sin cambios en las cargas aplicadas externamente.

Un modelo puede sufrir pandeo en diferentes formas bajo niveles de carga diferentes. La forma que toma el modelo durante el pandeo se llama forma modal del pandeo y la carga se denomina carga crítica o de pandeo.

Los parámetros que se consideraron son:

- Contacto global entre componentes
- Unión rígida entre componentes
- Sujeción fija en la base del perno de sujeción
- Carga externa de torsión 10,000 NM (total) en todas las caras respecto a plano de planta sobre el perno conector
- Mallado estándar.

Como primer paso se aplican las fuerzas correspondientes, se agrega el mallado estándar por todo el modelo. Por consecuente

se ejecuta el estudio para que el Sólver visualice los resultados previos

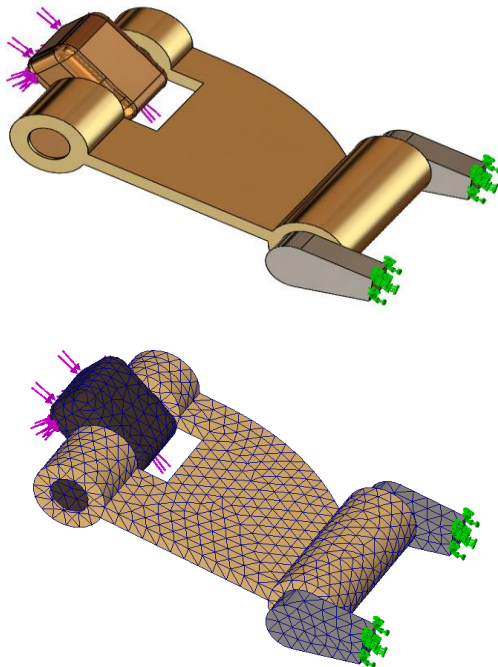


Figura 45 Complemento de Parámetros y Formación de mallado fino

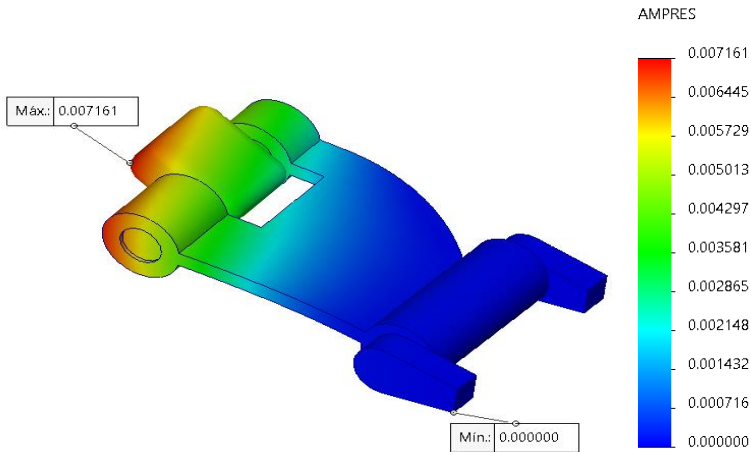


Figura 46 Resultado Preliminar de Estudio de Pandeo

En escala de amplitud mínima y máxima se define como predeterminado para observar con mejor precisión el estudio de pandeo.

18.6.3 Estudio de Caída

Los estudios de caída evalúan el efecto del impacto de una pieza o un ensamblaje con una superficie plana flexible o rígida. Una aplicación típica es dejar caer un objeto hasta que choque con el piso; de allí se deriva su nombre. El programa calcula automáticamente el impacto y las cargas de gravedad. No se permiten otras cargas ni restricciones.

Para ello se define la altura de caída (h), la aceleración de la gravedad (g) y la orientación del plano de impacto.

Se contempla la velocidad en el momento de impacto (v), la aceleración de la gravedad (g) y la orientación del plano de impacto. El programa determina la zona de impacto basándose en la dirección de la velocidad al momento del impacto.

Los parámetros a utilizar son:

- Contacto global entre componentes/Unión rígida entre componentes.
- Altura desde el centro de gravedad a 3 metros y normal al plano.
- Impacto en plano creado a 40 mm del plano de planta.
- Suelo rígido.

Para agregar los parámetros de estudio, se realiza en el apartado de editar definición, en donde dicha opción se contemplan los datos a utilizar.

Especificar

☒ Altura de caída
☐ Velocidad al impacto

Altura

☒ Desde centro de gravedad
☐ Desde punto más bajo

3 m

Gravedad

PLANO1

9.81 m/sec²

Suelo

Orientación de destino

☒ Normal dir. gravedad
☐ Paralelo a plano de referencia

0

Rigidez del suelo

☒ Suelo rígido
☐ Suelo flexible

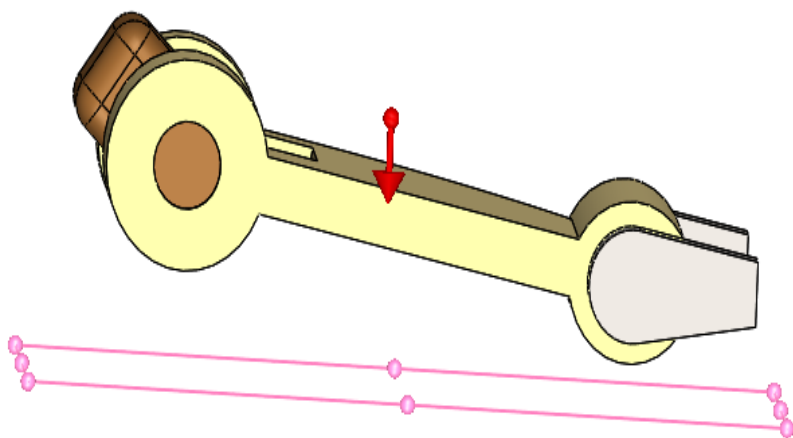


Figura 47 Definiciones para el estudio de caída

Una vez agregado los parámetros, se procede a ejecutar el estudio, y de ello obtener una escala predeterminada de deformación unitaria equivalente, mostrando la mínima y máxima deformación de resultado.

Recalcando que este tipo de estudios son preliminares, dado a que pueden hacerse distintas pruebas con diferentes valores a parámetros a considerar, dicho que solo se realiza el seguimiento del curso indagado, por lo que los resultados pueden variar con algún dato diferente, obteniendo pruebas preliminares que pueden ser no realistas con ejemplos llevados en una situación real.

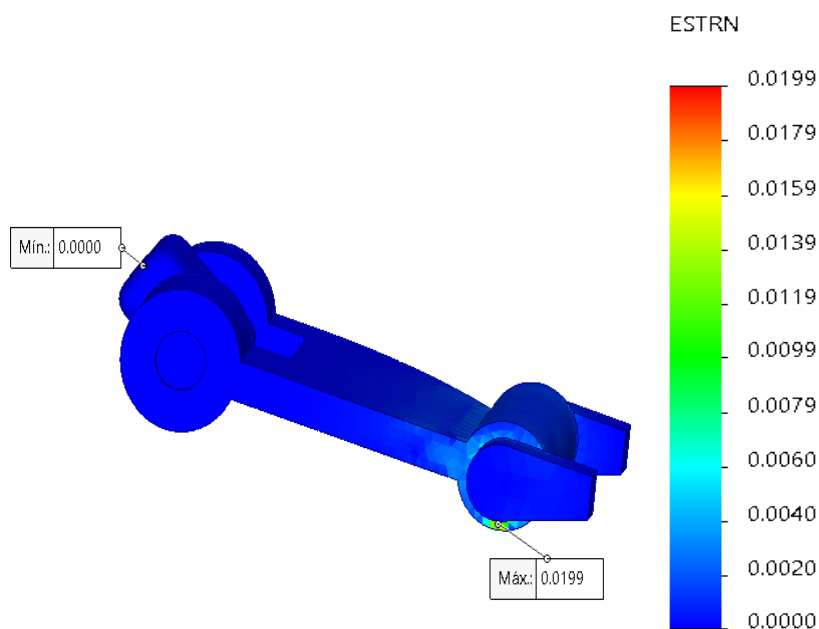


Figura 48 Resultado Preliminar de Estudio de Caída

18.6.4 Impacto

Como parte de los distintos estudios que ofrece la paquetería de simulación de SolidWorks, se realiza el estudio de Impacto, en donde se puede analizar cómo es que un elemento estructural afecta su comportamiento bajo cargas, vibraciones y otros aspectos relevantes. Por lo que, en el curso de capacitación, te entregan por predeterminado el modelo realizado, únicamente para agregar los parámetros y realizar el estudio.

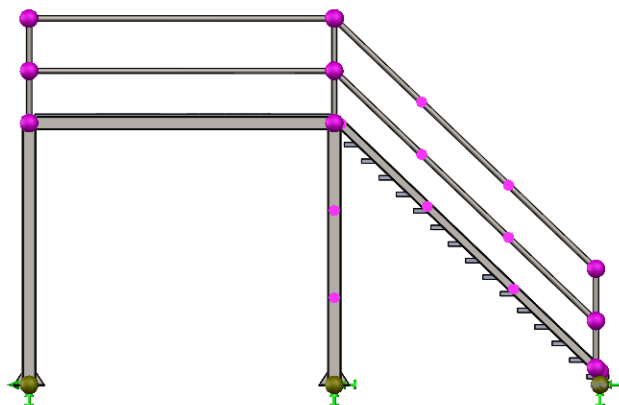


Figura 49 Modelo previo de Visualización con Parámetros agregados

Los parámetros a considerar son:

- Agregar Juntas en puntos de unión.
- Sujeción de geometría fija en las bases.
- Fuerza de impacto de 8333.3 N

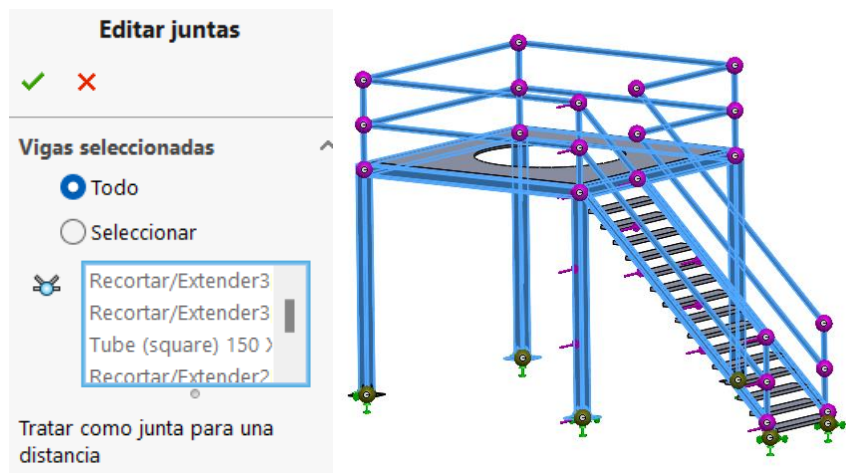


Figura 50 Datos y Complementos Seleccionados

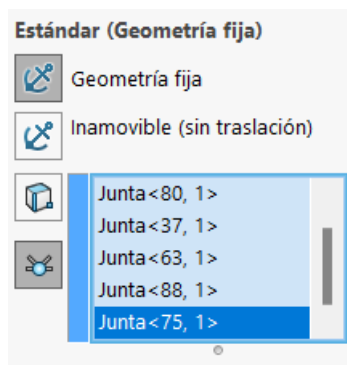


Figura 51 Activación de Funciones Externas al Modelo

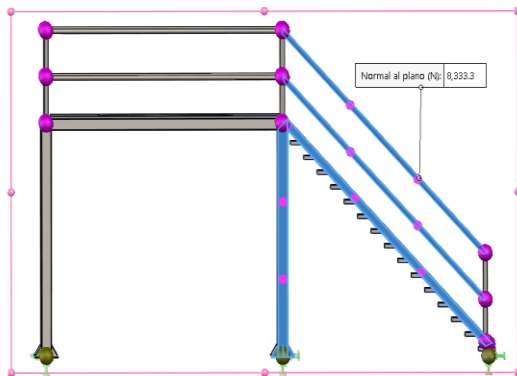


Figura 52 Modelo completo con datos asignados

Agregando los parámetros se procede a ejecutar el estudio, entregando como resultado una escala de desplazamientos resultantes de impacto, mostrando una mínima y máxima deformación de impacto.

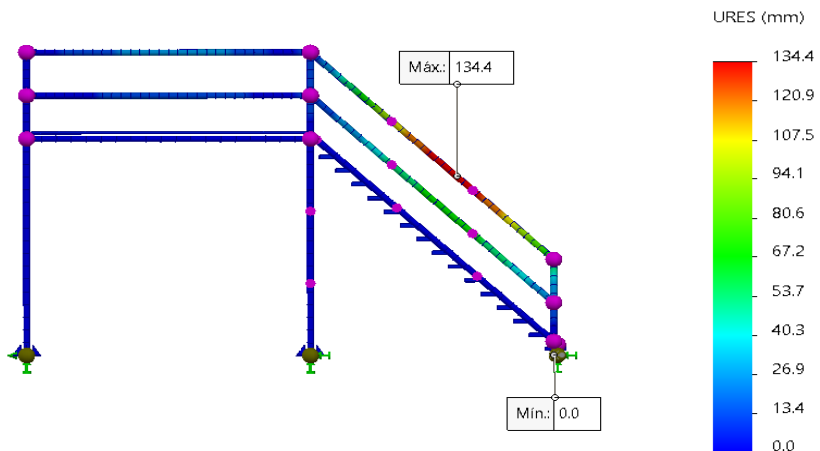


Figura 53 Resultado Preliminar de Estudio de Impacto

18.6.5 Recipientes a Presión

Como último estudio a realizar, es el diseño de Recipientes a Presión; generalmente son contenedores diseñados para almacenar sustancias a presiones mayores que la presión atmosférica, estos recipientes se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales y domésticas. Están contruidos de con materiales resistentes y están diseñados para soportar las presiones internas de manera segura.

El recipiente a realizar el estudio es un tanque de gas; al igual que el estudio de impacto, te entrega el modelo realizado, listo para agregar los parámetros y obtener los resultados necesarios.

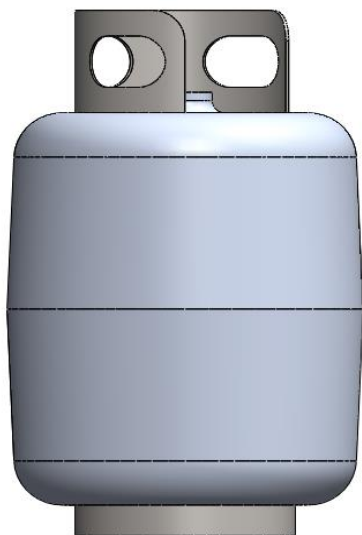


Figura 54 Modelo Preliminar a Realizar Estudio

Los parámetros de estudio a considerar son los siguientes:

- Temperatura externa de 100° Celsius
- Sujeción (geometría de referencia)
- Gravedad: 9.81 m/s²
- Presión interno: 100 psi

A continuación, se muestran las imágenes correspondientes a cada parámetro considerado.

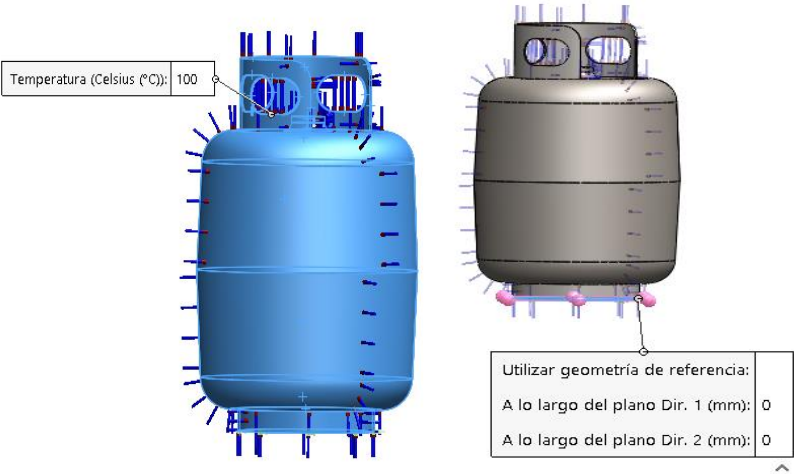


Figura 55 Complemento de Datos del Modelo para el estudio

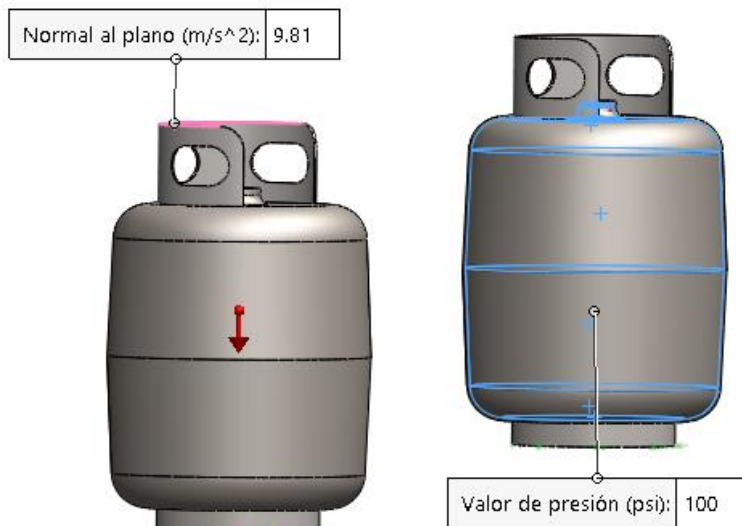


Figura 56 Adición de datos al Modelo

Por consiguiente, al ejecutar el estudio, se pueden obtener los resultados en escala de deformación unitaria equivalente, mostrando el mínimo y máximo por predeterminado. Para visualizar, los resultados de manera interna, se realiza un corte de sección por un plano que pase por en medio de la pieza (Vista Lateral) y así observar el comportamiento interno con los datos agregados.

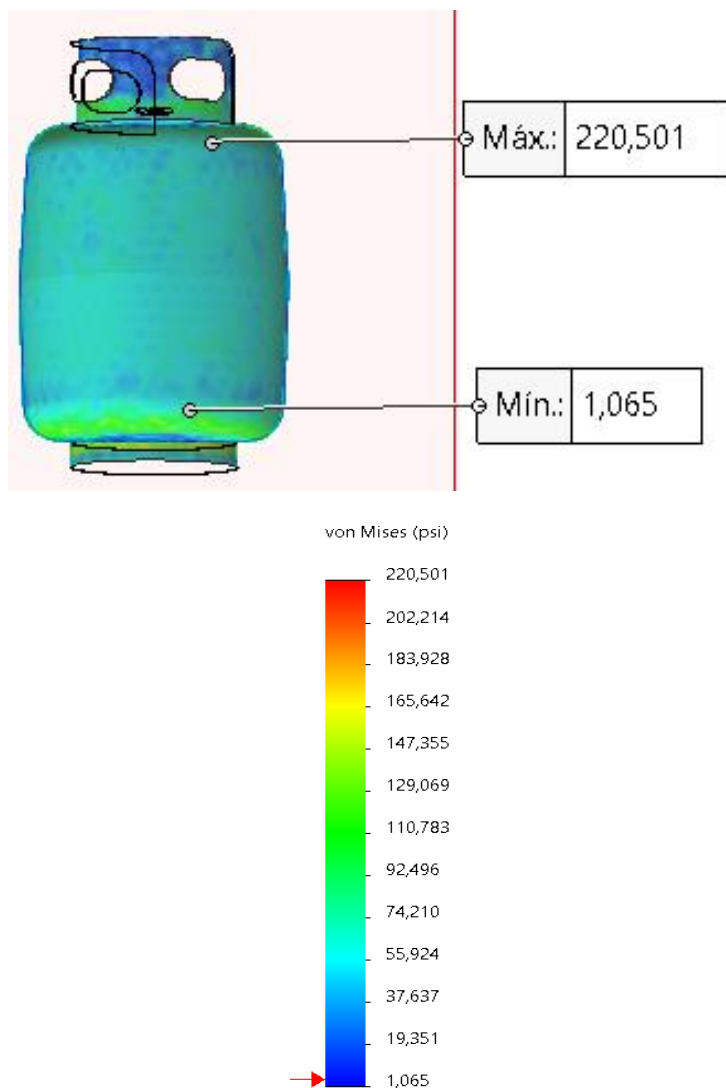


Figura 57 Resultado Preliminar del estudio de Recipientes a Presión

18.7 HORNO REVERBERO 1

Una vez comprendido el comportamiento de los modelos 3D anteriores con sus respectivas simulaciones térmicas de prueba, se procede a desarrollar modelos 3D de instalaciones refractarias de fundición. Volviéndose ahora modelos más complejos y con análisis térmicos más allegados a la realidad.

Se desarrolla un horno de fundición tipo reverbero en donde se aplican los materiales refractarios como revestimientos internos,

Para ello se hacen cinco modelos 3D en donde cuatro de ellos corresponden a materiales aislantes, formándose cuatro capas internas de revestimiento y una última capa externa de acero, mismo que funcionará como carcasa (cuerpo que contendrá las cuatro capas de revestimiento).

Partiendo del modelo interior al exterior, el primer modelo de revestimiento interno corresponde a un material refractario con 57.3% de alúmina y 36.7% de silicio, mismo que se edita como un material nuevo dentro del software; agregando en sus propiedades físicas, una conductividad térmica de $2.4 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, y una densidad de la masa de 2510 kg/m^3 .

En las siguientes imágenes muestra el modelo 3D y la forma en la que se visualiza en sus distintas vistas estándar.

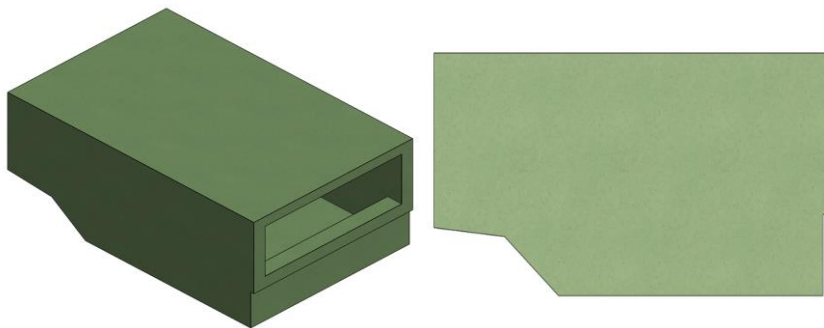


Figura 58 Modelo 3D de la primera capa de material Refractario

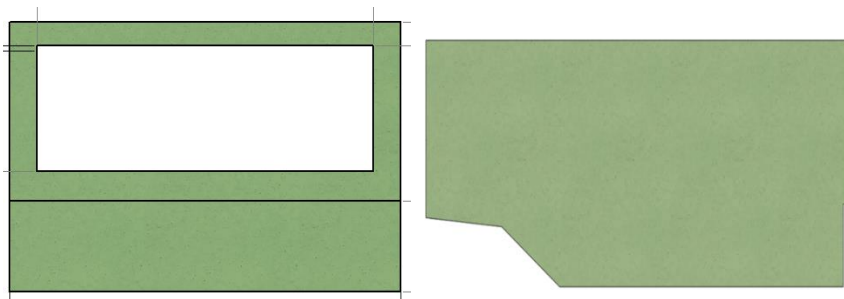


Figura 59 Vista Frontal y Lateral del modelo

Como segunda capa de revestimiento, corresponde una tabla cerámica, (aislante 3) mismo que se edita como un material nuevo dentro del software; agregando en sus propiedades físicas una conductividad térmica de $0.1 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, y una densidad de la masa de 340 kg/m^3 . Dicho material aislante contiene un rango de alúmina aproximadamente de 42% y de 58% de silicio.

En las siguientes imágenes muestra el modelo 3D y la forma en la que se visualiza en sus distintas vistas estándar.

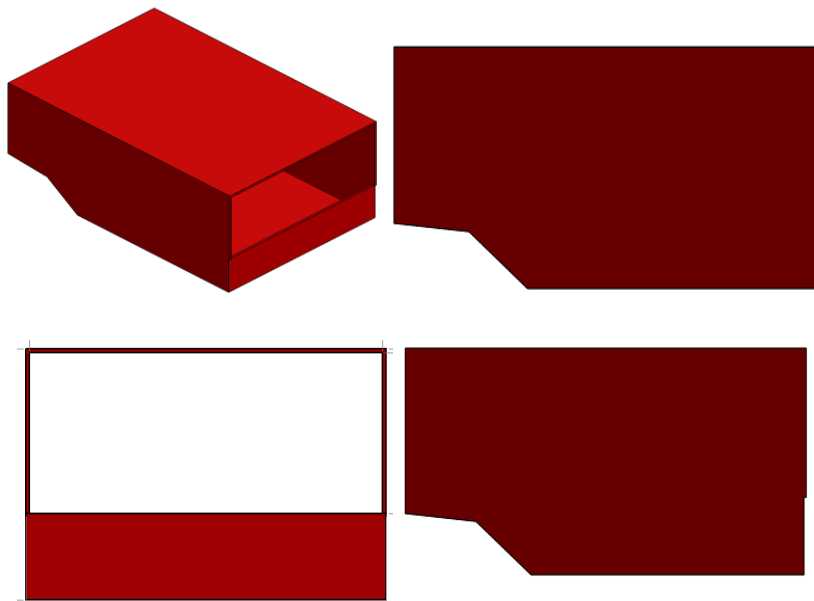


Figura 60 Modelado 3D de la Primera capa del Aislante 1 en sus vistas Estándar

Para el segundo aislamiento, contribuye a un revestimiento de la familia de los materiales Microporosos, cuya propiedad física, tiene una densidad de la masa de 320 kg/m^3 , una conductividad térmica de 0.04 W/(m * K) En las siguientes imágenes muestra el modelo 3D y la forma en la que se visualiza en sus distintas vistas estándar.

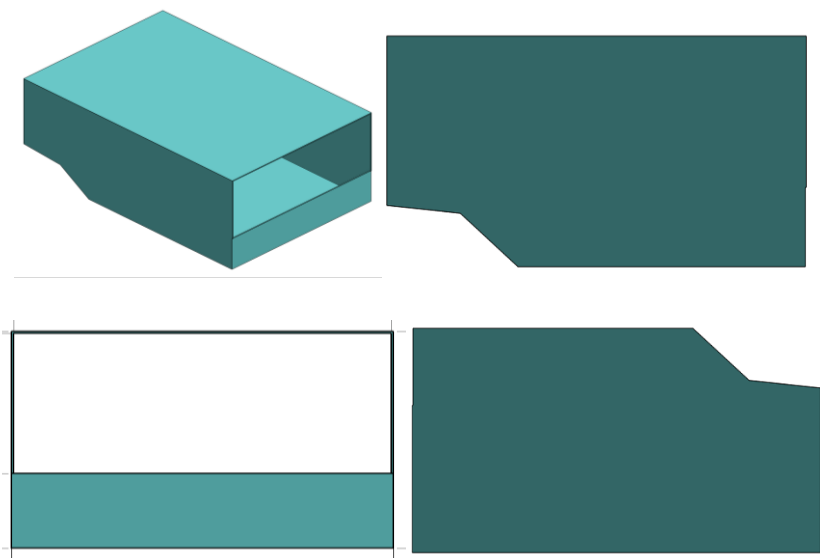


Figura 61 Modelado 3D de la segunda capa de aislamiento en sus 4 vistas estándar

Como primera capa de revestimiento, (Aislante 1) tiene como propiedad física una densidad de la masa de 208 kg/m^3 , una conductividad térmica de $0.23 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ y en composición química tiene 47% de alúmina con 53% de silicio. Ya que esta última capa tendrá el contacto con el segundo aislante y con la carcasa de acero exterior.

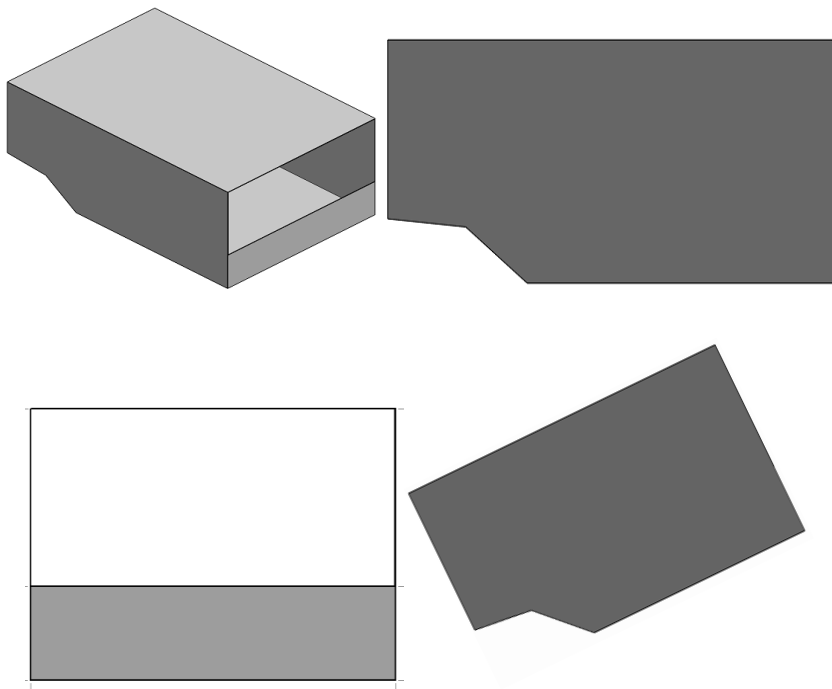


Figura 62 Modelado 3D de la tercera capa de aislamiento en sus 4 vistas estándar

Para la carcasa externa que contendrá todos los revestimientos descritos anteriormente, se contempló el material AISI 1045 Acero Estirado en Frío, de la cual, tiene como propiedad física, una densidad de la masa de 7850 kg/m^3 , una conductividad térmica de $49.8 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ y un calor específico de $486 \text{ J/(Kg} \cdot \text{K)}$.

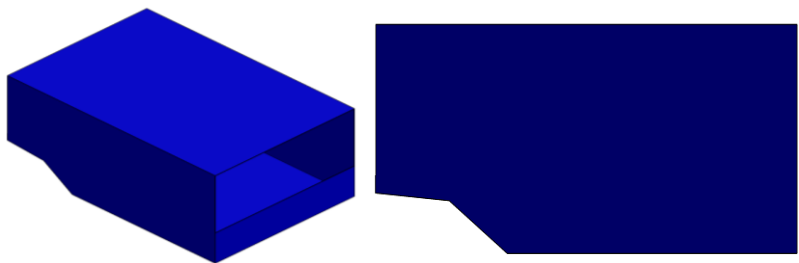


Figura 63 Modelado de la carcasa metálica en vista isométrica y lateral

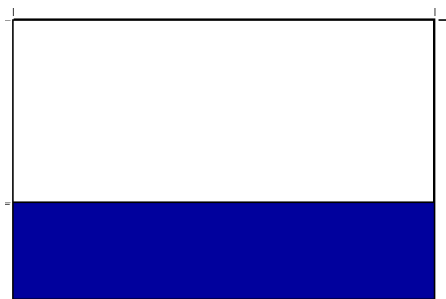


Figura 64 Vista Frontal de la Carcasa Metálica

Una vez completado y definido los cinco modelos descritos anteriormente, se prosiguen con el ensamblado de dichos elementos, esto con la finalidad de formar un solo ensamblaje, en este caso es para formar el horno reverbero. Los resultados del ensamblaje se muestran en las siguientes imágenes:

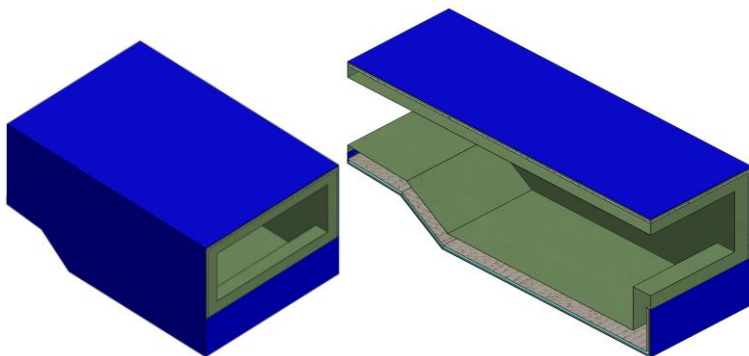


Figura 65 Ensamblaje del Horno Reverbero 1 en vista isométrica y en corte de vista lateral

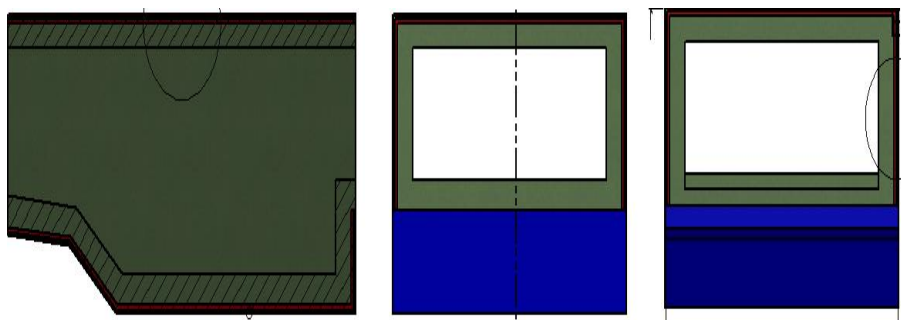
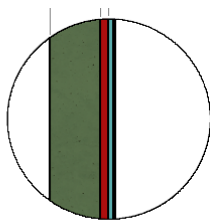


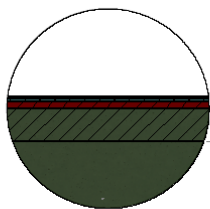
Figura 66 Vista de corte lateral, Frontal y Trasero del Ensamblaje



PARED LATERAL

DETALLE E

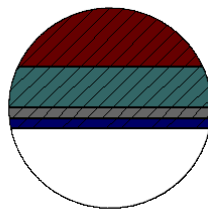
ESCALA 1:20



TECHO

DETALLE C

ESCALA 1:25



PISO

DETALLE D

ESCALA 1:2

Figura 67 Vistas de Detalle de las Capas del Modelo

Por consecuente, para identificar a cada material, se realiza una tabla general de escala de color de cada componente del ensamble.

Refractario 1	
Aislante 3	
Aislante 2	
Aislante 1	
Carcasa Metálica	

Tabla 1 Colores de los Componentes del Horno

Como se ha descrito en las propiedades físicas de los cinco modelos que formarán en conjunto el modelado 3D de ensamble del horno reverbero, ahora se contemplan esos datos; mismos que funcionarán para que no haya error al momento de realizar un análisis térmico dentro del software.

Una vez definido completamente el ensamble, se procede a realizar un análisis térmico, con la finalidad de obtener el

comportamiento que tendría el horno al aplicarle ciertos factores en el software. Para ello se considera:

- Temperatura interna de 900°C
- Coeficiente de Convección de $15 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$
- Temperatura Ambiente: 303.15°K (30°C)
- Escala de Temperatura: Automático
- Mallado Fino.

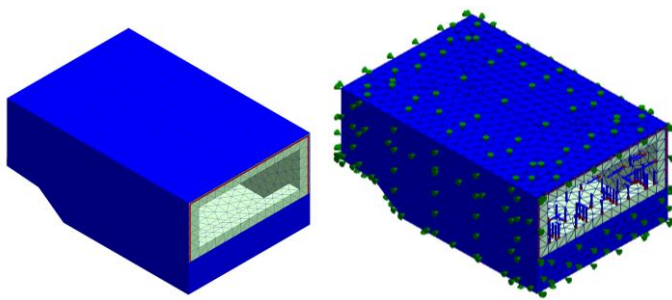


Figura 68 Formación de Mallado Fino

Una vez aplicado los parámetros descritos anteriormente, se prosigue a ejecutar el estudio y a continuación, en las siguientes imágenes se muestran los resultados.

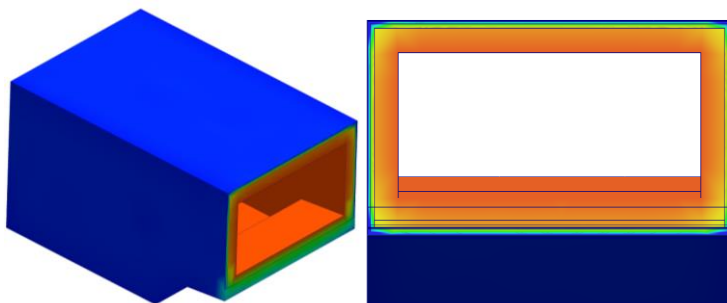


Figura 69 Resultado del estudio térmico en visualización de color, acorde a la escala de temperatura

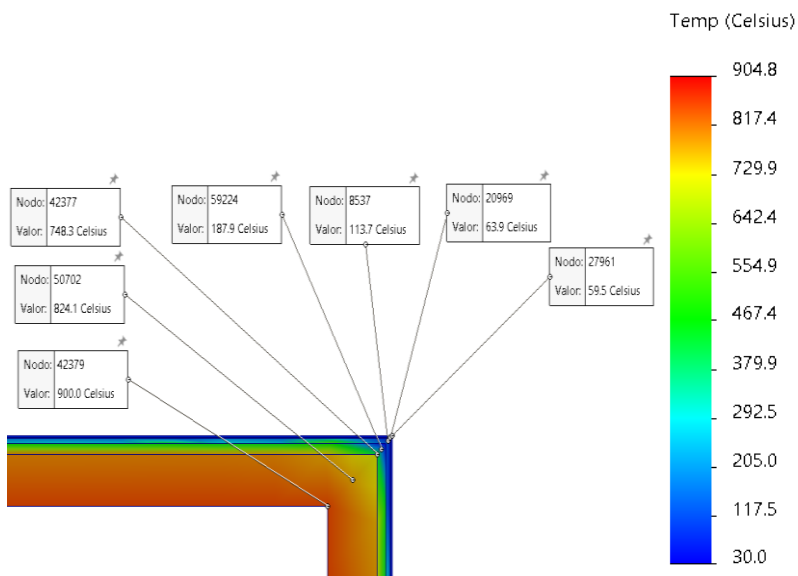


Figura 70 Resultado de algunos puntos en paralelo del modelo

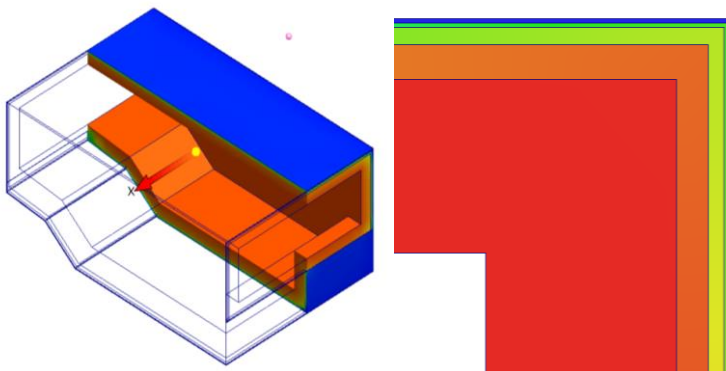


Figura 71 Vista Isométrica de Corte y visualización de escala de temperatura uniforme (desde cara caliente a cara fría)

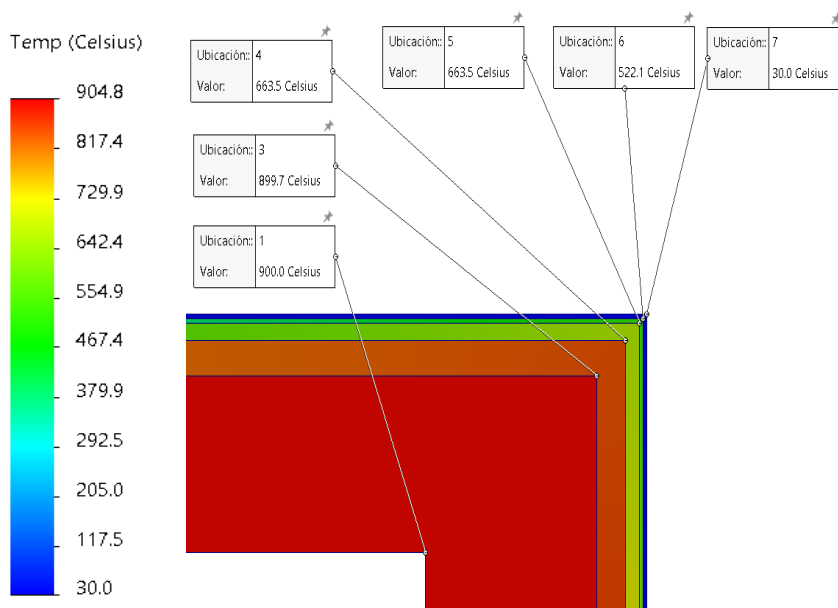


Figura 72 Resultados del modelo en puntos de trayectoria paralelos desde cara caliente a cara fría

Interpretando los resultados, se puede destacar que los revestimientos en la manera en la que se fueron colocando, son ideales para ir disminuyendo la temperatura, esto debido a que en el comportamiento de la simulación térmica desde la primera capa de revestimiento que es la parte más caliente del horno hasta recorrer el resto de las capas y llegar a la carcasa de acero, disminuyó la temperatura acorde a los parámetros establecidos en el software y en la escala de temperatura.

18.8 MODELADO DE UN CANAL DE VACIADO

Como parte de levantamiento técnico, para instalar un nuevo canal de vaciado, en donde se va a fluir el material fundido. Se toman las medidas proporcionales, en donde las mediciones de dicho canal que se tendrá son de una longitud de:

- Largo: 6.5 m
- Altura: 31 cm
- Ancho: 24 cm

Con las dimensiones apropiadas elaborados en un dibujo a mano alzada, se realiza posteriormente el modelado 3D, creando dos modelos distintos.

Para formar el canal completo con las medidas establecidas, se debe de dividir la longitud de largo en siete partes iguales, y de ahí obtener un canal para posteriormente realizar el ensamblaje de las

siete partes seccionadas y obtener un canal complejo con las dimensiones exactas de largo.

Para el primer modelo, es un canal con un redondeo en las aristas internas. Las dimensiones de la parte frontal quedan de la siguiente manera:

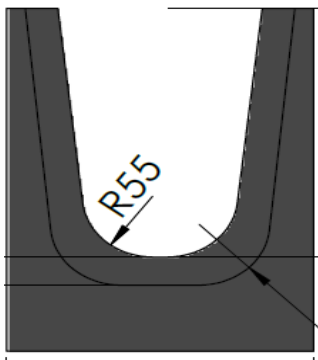


Figura 73 Vista Frontal del Canal en perfil curvo

Como se trabajó en una vista lateral, fue más sencillo realizar una extrusión saliente base, para crear material a partir de las dimensiones resultantes de la división de la longitud en siete partes.

El material asignado para el canal pertenece a formas especiales, cuya propiedad física y química contiene:

- Densidad de la masa: 449 kg/m^3
- Conductividad térmica: $0.23 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$
- Contenido de alúmina: 18%
- Contenido de silicio: 81%

A continuación, se muestran los resultados del modelo realizado.

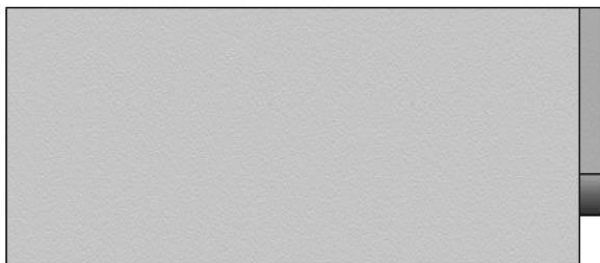


Figura 74 Vista Lateral del Canal

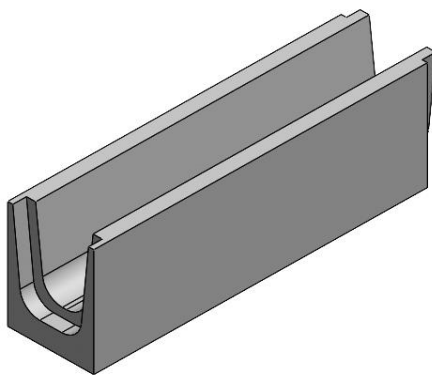
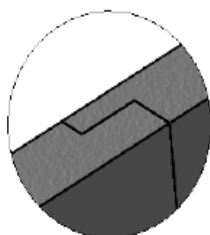
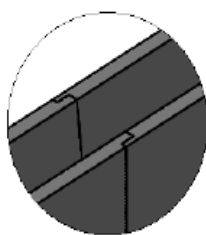


Figura 75 Vista Isométrica del Canal Con Perfil tipo "U"



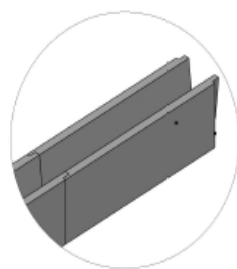
DETALLE T
ESCALA 1 : 2



DETALLE U
ESCALA 1 : 9



DETALLE X
ESCALA 1 : 8



DETALLE C
ESCALA 1 : 14

Figura 76 Vistas de Detalle del Ensamblaje

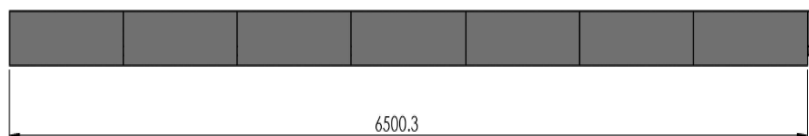


Figura 77 Ensamblaje completo del canal acotado en mm

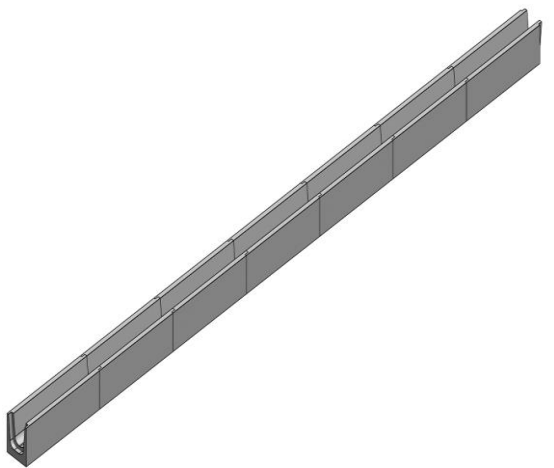


Figura 78 Vista Isométrica del canal ocupando 7 piezas para completar la longitud total

A partir del ensamblaje de cada pieza, con los parámetros asignados del material, se realiza por último una representación de tabla, indicando el volumen y masa total obtenida del canal completo.

PZA	VOLUMEN (m^3)	MASA (kg)
1	0.04180715	18.77
2	0.04180715	18.77
3	0.04180715	18.77
4	0.04180715	18.77
5	0.04180715	18.77
6	0.04180715	18.77
7	0.04180715	18.77
	TOTAL	131.40

Tabla 2 Volumétrica del Ensamblaje

Para el segundo modelo de canal, ahora se considera un perfil plano en la parte interna, para formar el canal completo con las mismas medidas establecidas anteriormente, se debe de dividir la longitud de largo ahora en tres partes iguales, y de ahí obtener un canal para posteriormente realizar el ensamblaje de las tres partes seccionadas y obtener un canal complejo con las dimensiones exactas de largo.

Para este segundo modelo, es un canal con un perfil plano (cuadrado) en las aristas internas. Las dimensiones de la parte frontal quedan de la siguiente manera:

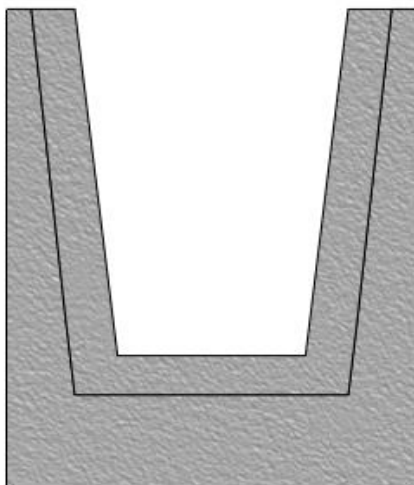


Figura 79 Vista Frontal del canal con perfil plano

Como se trabajó en un plano de vista lateral, fue más sencillo realizar una extrusión saliente base, para crear material a partir de

las dimensiones resultantes de la división de la longitud en tres partes iguales.

El material asignado para el canal es correspondiente a una forma especial, cuya propiedad física y química contiene:

- Densidad de la masa: 449 kg/m^3
- Conductividad térmica: $0.23 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$
- Contenido de alúmina: 18%
- Contenido de silicio: 81%

A continuación, se muestran los resultados del modelo realizado.

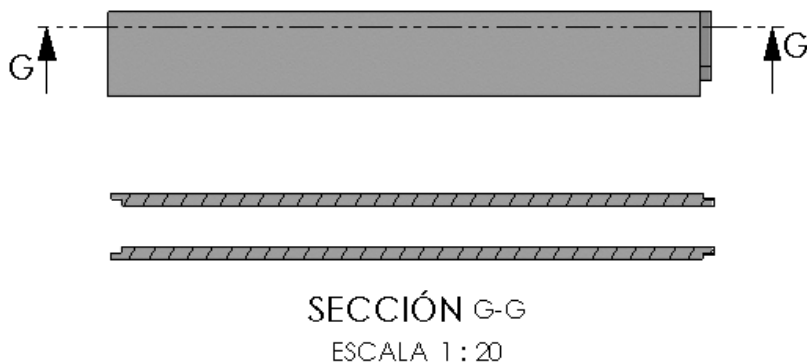


Figura 80 Vista lateral y de corte del canal

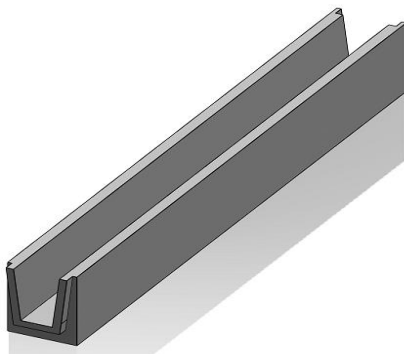


Figura 81 Vista Isométrica del canal con perfil Pentagonal

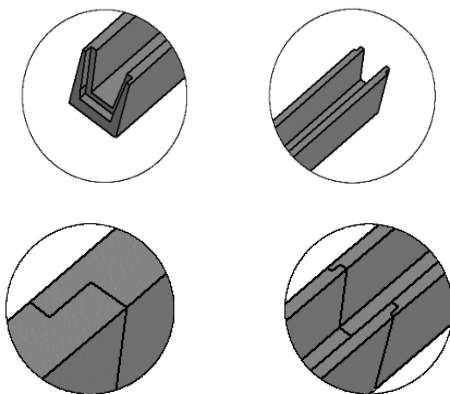


Figura 82 Vistas de Detalle

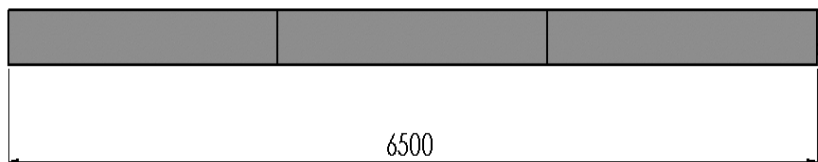


Figura 83 Ensamblaje del modelo, ocupando 3 piezas para completar la longitud total, acotado en mm

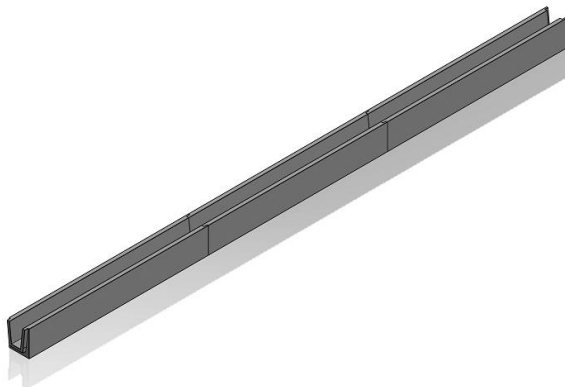


Figura 84 Vista Isométrica

A partir del ensamblaje de cada pieza, con los parámetros asignados del material dentro del software, se realiza por último una representación de tabla, indicando el volumen y masa total de cada pieza obtenida del canal completo.

PZA	VOLUMEN (m^3)	MASA (kg)
1	0.095388	42.83
2	0.095388	42.83
3	0.095388	42.83
	TOTAL	128.49

Tabla 3 Volumétrica del Ensamblaje

18.9 HORNO DE SECADO

Como se ha descrito anteriormente en los fundamentos teóricos, hay distintos tipos de hornos en los que su aplicación para uso final es acorde a las especificaciones y necesidades de la industria.

Por otro lado, se puede destacar que, para cada tipo de horno, los procesos que se realizan internamente son totalmente diferentes, cabe recalcar, que cada industria utiliza hornos para fundir distintos tipos de materiales y de ello crear productos acorde a las necesidades del mercado como consumidor final.

Sin embargo, en todos los tipos de hornos industriales hay parámetros térmicos presentes y demás factores de termodinámica como los que se ha mencionado al inicio de este documento.

Por consiguiente, como parte inicial del modelo original en físico llevado a una escala en modelo 3D en software como parte teórica, se procede con el diseño de un horno de secado, iniciando con el levantamiento técnico, considerando la medición de cada pieza que conforma el horno, sin embargo, el modelo completo consta de diferentes piezas, en su mayor parte de la carcasa es de acero, por lo que algunas piezas son de la misma aleación y otros son de distinto tipo de material.

A primera instancia, se tiene el cuerpo del horno, en este caso es la carcasa. Compuesto por tres elementos:

- 1) Puerta
- 2) Cuerpo de la carcasa
- 3) Base Móvil

Dichos elementos son ASTM A36 Acero, mismo material que se encuentra en la lista de materiales que ofrece el software de SolidWorks.

El acero ASTM A36 es un material estructural, y resistente a temperaturas de 1100°C, su composición química incluye carbono, manganeso, fósforo, azufre y silicio. Es un material fácil de mecanizar, soldar y formar.

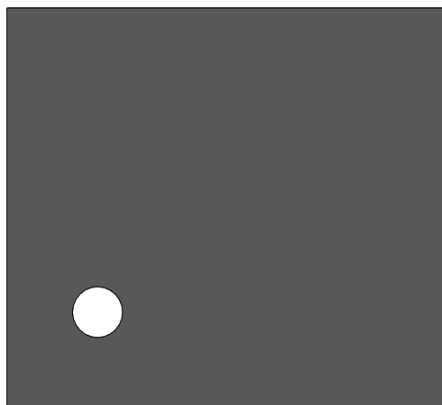


Figura 85 Model3 3D de la Puerta del Horno de Secado

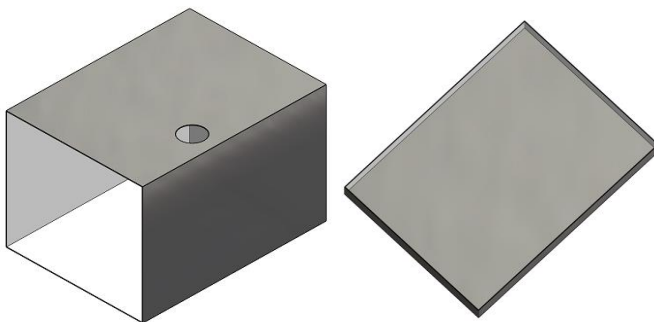


Figura 86 Vista Isométrica de la carcasa y base metálica



Figura 87 Ensamblaje de la carcasa metálica y base, en visualización isométrica

Como se visualiza en la imagen del ensamblaje, en dicha carcasa se encuentran dos orificios (en la parte de enfrente y la parte superior) eso representa el espacio para los demás componentes que van ahí ensamblados, como lo son la base del quemador (parte de enfrente) y el escape o chimenea (parte superior), que se mostrarán más adelante.

Diseñando el modelo 3D de la base del quemador, como una pieza independiente, lo que se puede destacar; dicha estructura soporta y posiciona el sistema de quemador, los cuales son los encargados de generar calor necesario para el proceso de producción.

Diseñado para garantizar la estabilidad y seguridad del sistema de combustión. El material que se le atribuye a la base del quemador es de Acero AISI 304, mismo material que se encuentra en la lista de materiales del software SolidWorks. Describiendo el acero inoxidable 304, es resistente a la corrosión, contiene un 18% de cromo y un 8% de níquel, lo que proporciona una alta resistencia a la oxidación y corrosión en ambientes variados, además es soldable.



Figura 88 Carcasa del quemador en vista isométrica y lateral

Continuando con el modelo de la chimenea, mismo que será ensamblado en la parte superior del horno, constará del mismo material de la base del quemador, sin embargo, este tubo de escape es un elemento crucial para la extracción y expulsión de gases quemados de combustión y humos generados durante la operación del horno.

Diseñado para garantizar una adecuada ventilación y evitar la acumulación de gases nocivos en el entorno de trabajo, dicho tubo de escape generalmente está construido con materiales resistentes a altas temperaturas, al igual que la base del quemador comparten el mismo material de acero inoxidable o de acero al carbono, AISI 304.

Su diseño y altura se determinan según las normativas locales y las necesidades específicas del proceso industrial para garantizar una eficiente evacuación de los gases y minimizar los impactos ambientales. Además, se pueden incluir sistemas de filtrado o de control de emisiones para cumplir con las regulaciones medioambientales y de seguridad.

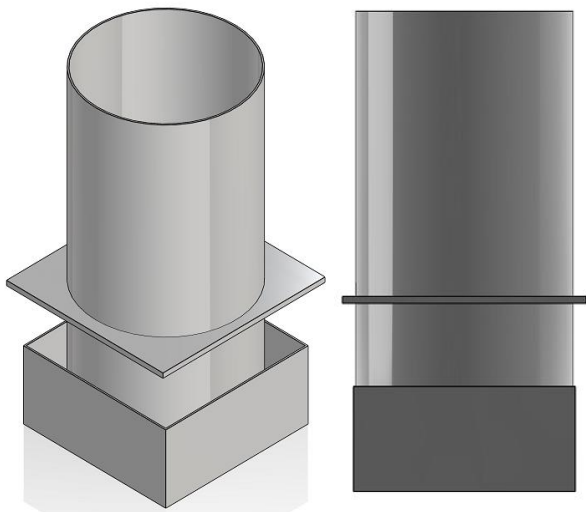


Figura 89 Vista Isométrica y lateral de la chimenea

El horno va a estar operando con una temperatura de trabajo interno mayor a los 900°C , sin embargo, independientemente de las juntas soldadas de la carcasa, se tiene en consideración en el modelo físico la estructura externa que mantendrá fijo la carcasa en general. Esto con la finalidad de que no haya aberturas entre las juntas soldadas o haya presencia de alguna deformación causado por la temperatura interna.

La finalidad de la estructura externa de la carcasa es proporcionar soporte, protección y estabilidad al equipo.

Estas estructuras están diseñadas para resistir cargas mecánicas, como el peso de la carcasa y los elementos internos, así como de

proteger al horno de daños externos, como impactos o condiciones ambientales adversas.

Para la estructura externa, se considera en las seis caras de la carcasa (laterales, base, techo, parte trasera). Sin embargo, el material considerado es Acero A36, que es de la categoría de los metales.

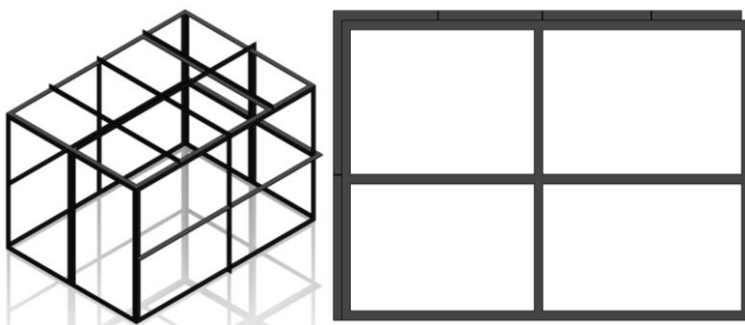


Figura 90 Modelado 3D de la estructura metálica del Horno

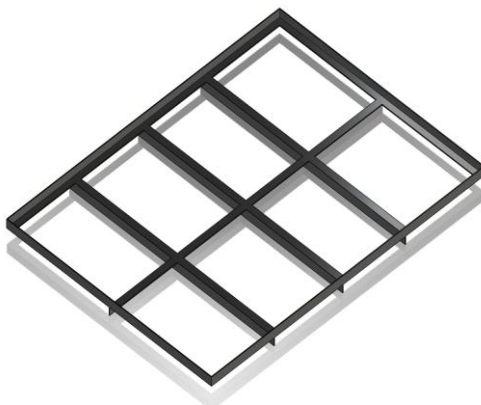


Figura 91 Vista Isométrica de la estructura metálica de la base

Continuando con el concepto de la estructura, se agregan posteriormente los soportes, estos serán los encargados de sostener al horno en general, que tienen como finalidad dar una estabilidad estructural evitando desplazamientos durante su operación; de igual forma reduce vibraciones y movimientos del horno.

Además, funciona como un distribuidor de cargas de manera uniforme por la forma en que se encuentran ubicados en el horno (laterales).

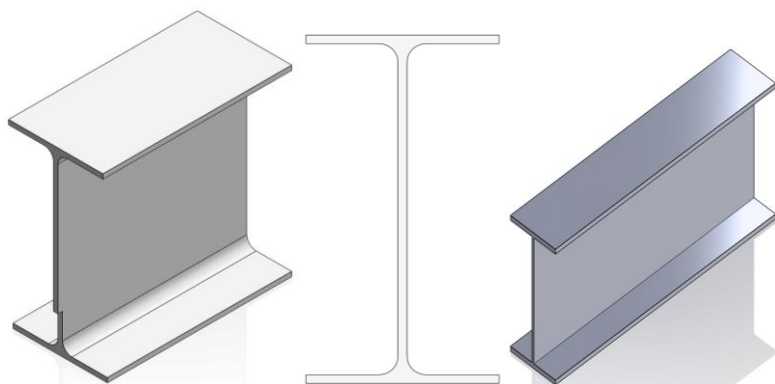


Figura 92 Modelado de los soportes en sus 3 vistas estándar

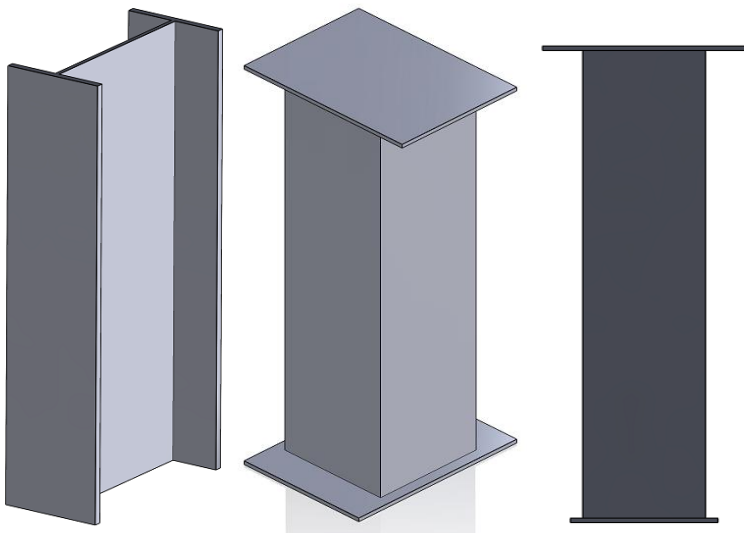


Figura 93 Modelado 3D de los soportes laterales

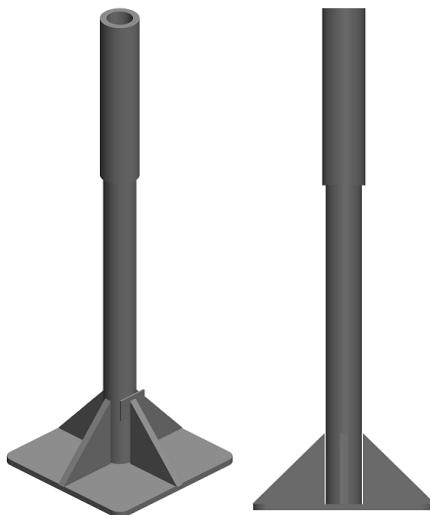


Figura 94 Soporte Delantero tipo suspensión de carga

En la parte superior del horno se encuentra un separador a los extremos, y unas placas en cada esquina, del mismo material de acero (ASTM A36).

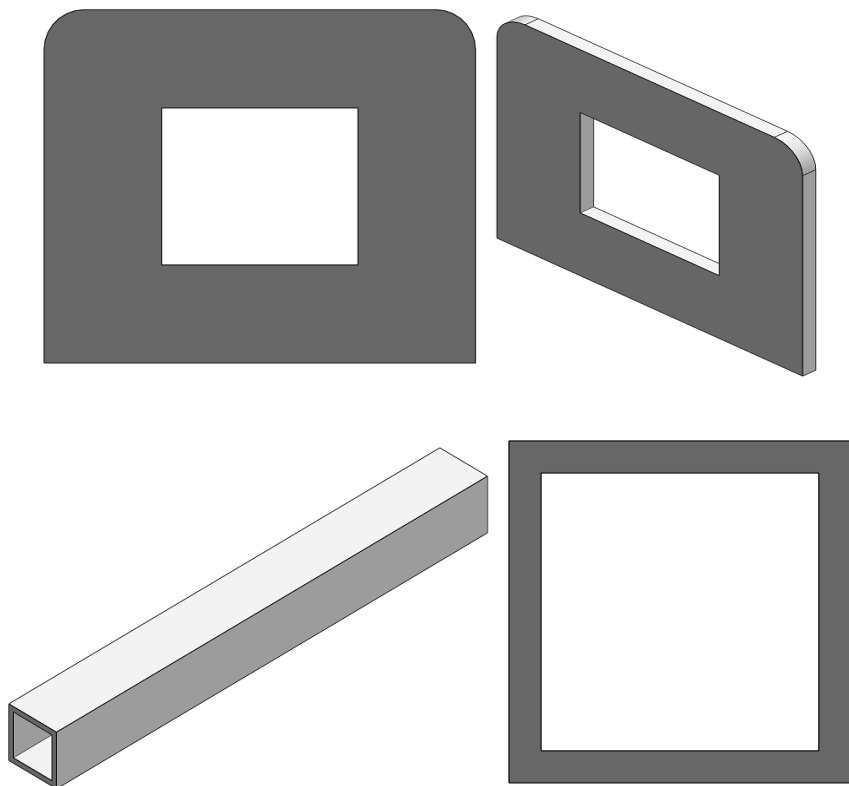


Figura 95 Modelado de Placas y separadores de acero

De igual forma que los separadores en la parte superior exterior, que están ubicados entre la puerta y el horno, se consideran de la misma manera en la parte inferior. Esta pieza dará movimiento a las puertas, con la finalidad de abrir y cerrar el horno.

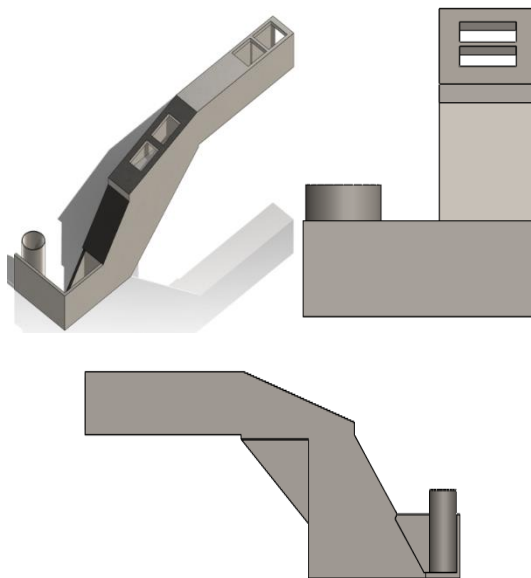


Figura 96 Separadores de la carcasa y puerta del horno

Una vez realizado los modelos 3D de cada pieza, se prosigue con el ensamblaje completo de la estructura.

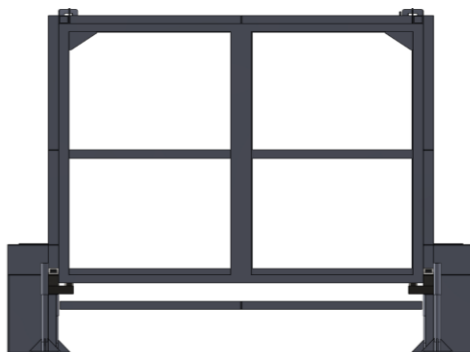


Figura 97 Vista Frontal de la estructura metálica

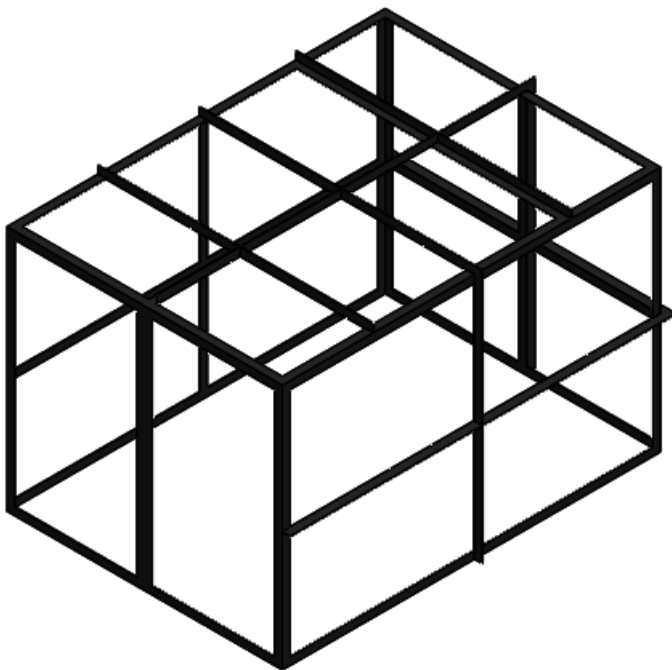


Figura 98 Vista Isométrica de la estructura metálica exterior del horno

Teniendo la estructura completa, se procede a agregar el resto de los elementos previamente ya diseñados (carcasa, puerta, base móvil, base de quemador, chimenea o tubo de escape). Los resultados son los siguientes, obteniéndose un modelo más completo y realista al modelo de horno original, previamente en físico.

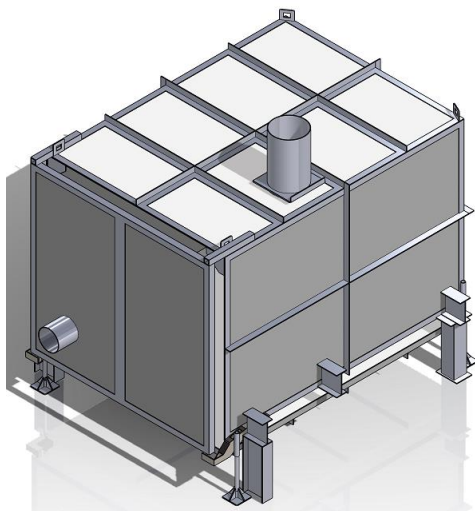


Figura 99 Ensamblaje completo de la carcasa y estructura metálica del Horno de Secado

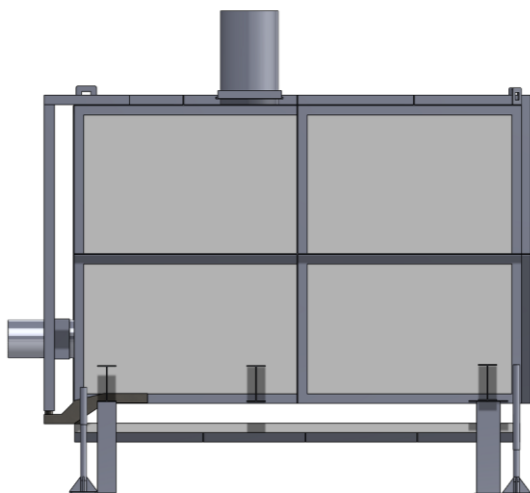


Figura 100 Vista lateral del Horno

Para agregar un análisis térmico se necesita el revestimiento interno, que tendrá como finalidad proteger las paredes del horno del calor, además de mantener una temperatura uniforme dentro del horno y aumentar la eficiencia energética al minimizar la pérdida de calor.

Para el revestimiento interno se considera un material aislante como revestimiento interno, con un grosor de 4 pulgadas, además de que dicho aislante tiene como propiedades físicas y químicas, una densidad de la masa de 272 kg/m^3 , una conductividad térmica de $0.22 \text{ (W/m}^{\circ}\text{K)}$; con un contenido de alúmina de 42% y 58% de silicio. Se consideran estos datos con la finalidad para realizar el perfil térmico al horno, ya que solamente serán agregadas en (laterales, techo, en la pared trasera y en la puerta) de manera interna, puesto a que este material no se considera para la base.

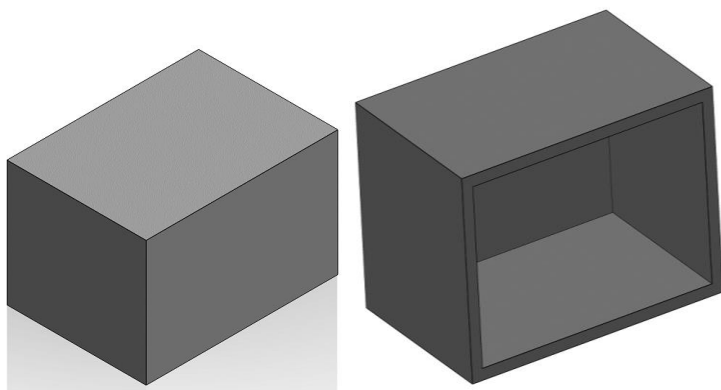


Figura 101 Modelo Preliminar del aislante

En el caso del piso (base móvil) se considera utilizar un material refractario de ladrillo, esto con la finalidad de ver la cantidad del revestimiento que va a ocupar dicho modelo, posteriormente se agrega en la base que llevará consigo dos capas de ladrillo. Dicho material refractario está hecho de arcillas refractarias de alta pureza. Se caracteriza por su baja conductividad térmica, que lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere aislamiento térmico, como en hornos, chimeneas y calderas. Este material tiene como propiedad física y química una densidad de 600 kg/m^3 , así como también un contenido de 45% de alúmina y 50% de silicio. Haciéndolo con una alta resistencia térmica, una baja conductividad térmica, con un peso ligero, y por consiguiente un buen aislamiento acústico.

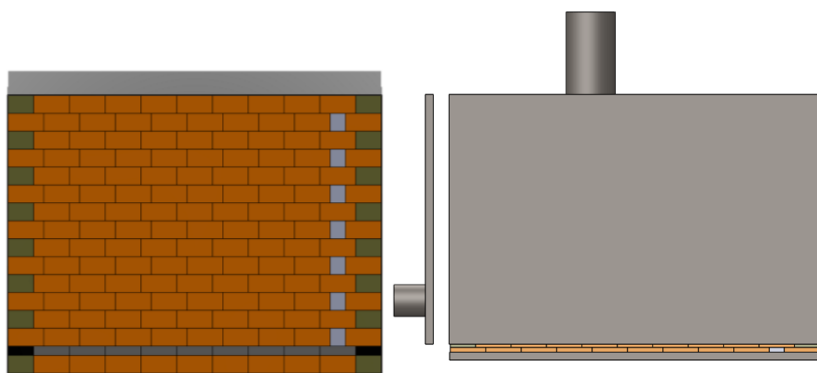


Figura 102 Visualización de ladrillos refractarios en base y en Vista lateral

En ambas capas, la formación tuvo que ser distribuida de manera uniforme, esto con la finalidad de ir cubriendo las juntas en ambos

lados (vertical y horizontal), de la misma manera con la capa de encima, cubriendo las juntas internas de la parte inferior. Esto también tendrá la finalidad de que no se disipe tan fácil la temperatura hacia afuera.

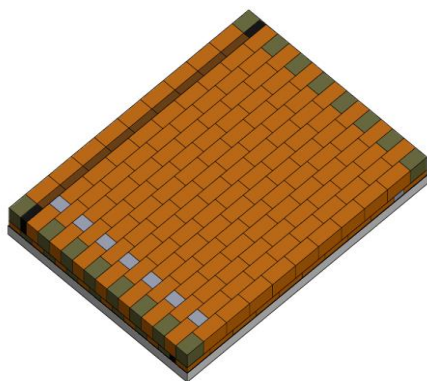


Figura 105 Vista Isométrica de la base



Figura 104 Vista frontal de la base



Figura 103 Vista lateral de la base

Por consecuente se agrega la tabla general de las medidas y cantidades correspondientes de ladrillo.

Ladrillo Estándar	ANCHO	LARGO	ALTO	CANTIDAD	COLOR
Ladrillo 1	4.5"	9"	3"	285	
Ladrillo 2	4.5"	6.47"	3"	30	
Ladrillo 3	4.5"	3.94"	3"	15	
Ladrillo 4	2.31"	9"	3"	18	
Ladrillo 5	2.31"	6.47"	3"	4	
			TOTAL	352	

Tabla 4 Mediciones de los Ladrillos Refractarios

Una vez agregado los revestimientos internos se toma a consideración que la abertura que hay entre la puerta y la carcasa, queden juntos. Al igual que la puerta; el revestimiento interno que cubrirá la puerta de lado interno del horno, también se abrirá a los lados. Para ello, se omiten los separadores de la parte inferior y superior, por lo tanto, el modelo queda de la siguiente manera.

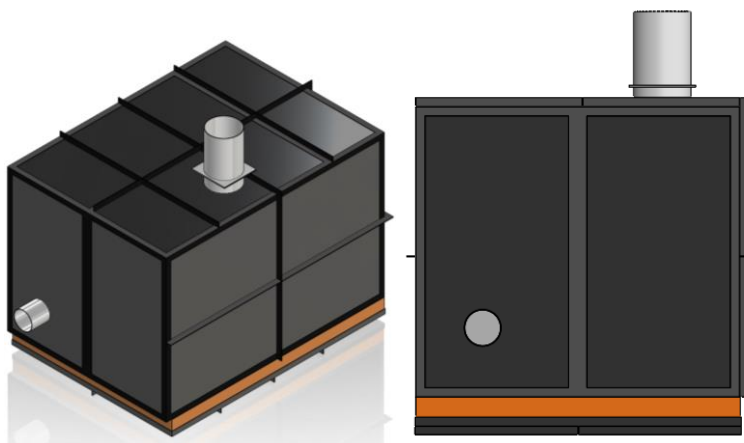


Figura 106 Ensamblaje del horno de secado en vista isométrica y frontal

Se realiza el análisis térmico, tomando en consideración los siguientes parámetros para la simulación térmica.

- Temperatura Interna de 900°C
- Temperatura exterior de medio ambiente para Convección: 303.15°K (30°C)
- Convección: 24 W/ (m² * K)
- Formación de mallado fino
- Valor mínimo de temperatura: Automático

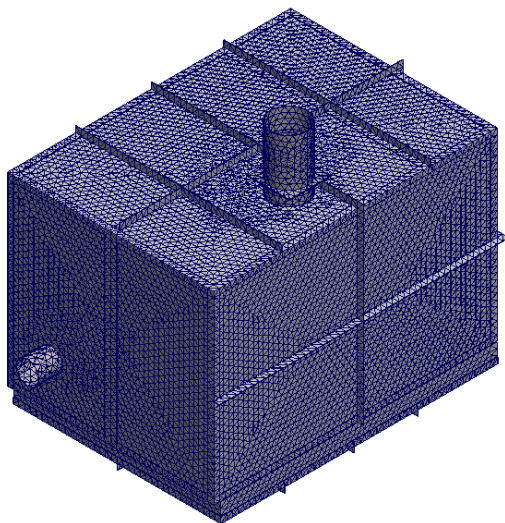


Figura 107 Formación de mallado fino

Se toma a consideración la unión rígida entre componentes locales, de la cara interna de la carcasa y la del aislante.

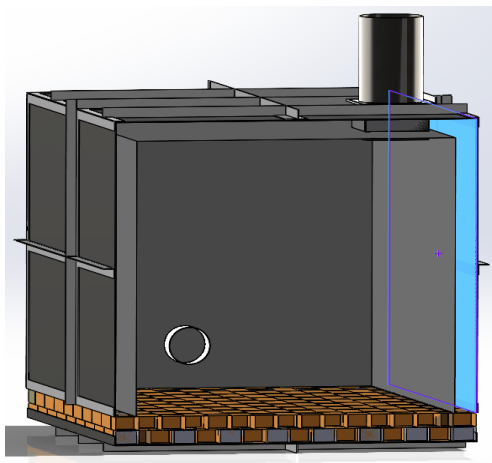


Figura 108 Unión Rígida entre componentes

Posteriormente, una vez definido completamente los parámetros, se procede a ejecutar el estudio, los resultados fueron los siguientes:

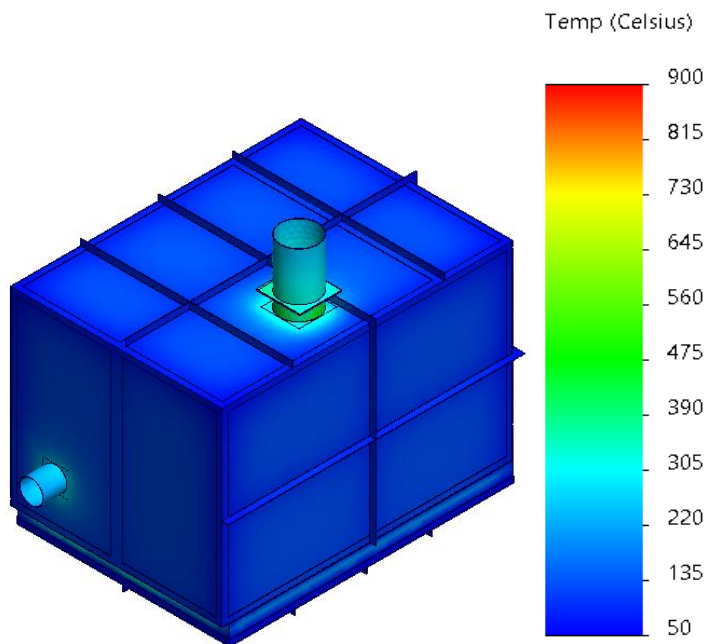


Figura 109 Resultado del Análisis Térmico acorde a la escala de temperatura en grados Celsius

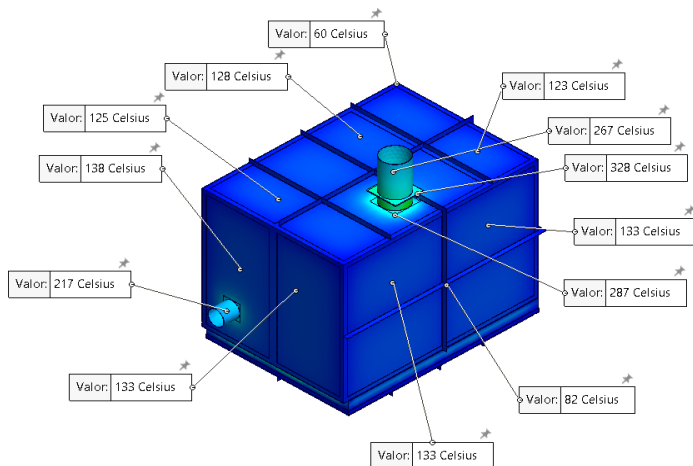


Figura 110 Resultados de temperatura en algunos puntos al exterior del Horno de Secado

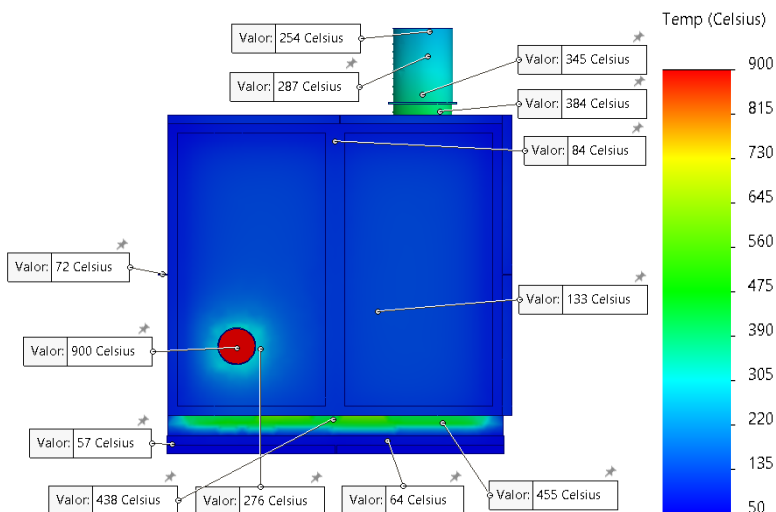


Figura 111 Resultados de temperatura en Vista Frontal, destacando para la entrada del quemador y la chimenea

Como se puede notar en los cuadros de resultados, hay una diferencia de temperatura, por lo que ahora, la chimenea es una pieza más caliente, esto debido a que es la salida de los gases quemados.

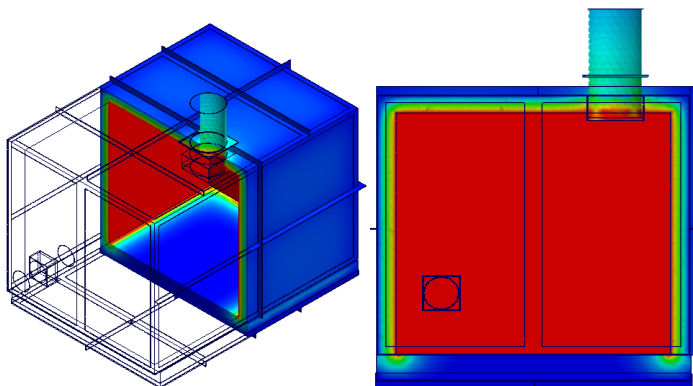


Figura 112 Vistas de corte en isométrico y frontal, destacando la uniformidad de la temperatura

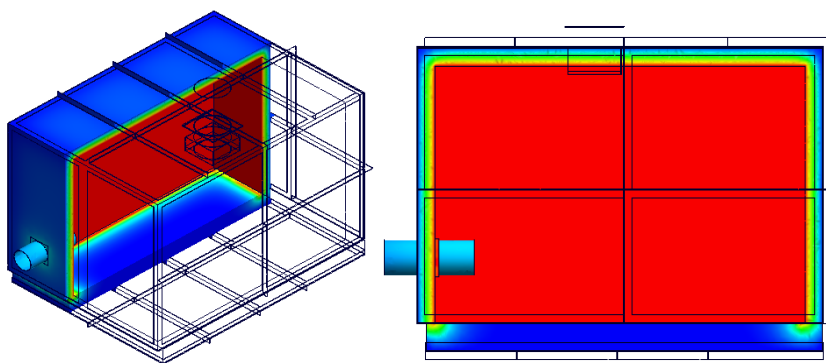


Figura 113 Vistas de corte en isométrico lateral, destacando la uniformidad de la temperatura

Se realiza el modelado 3D de una bóveda de puerto, mismas bóvedas irán ensamblados dentro del horno de secado, sin embargo, dichos modelos servirán de referencia en cómo sería la ubicación real dentro del horno. Como material de la pieza en general, está hecho de madera, mismo que solo funcionará como de referencia.

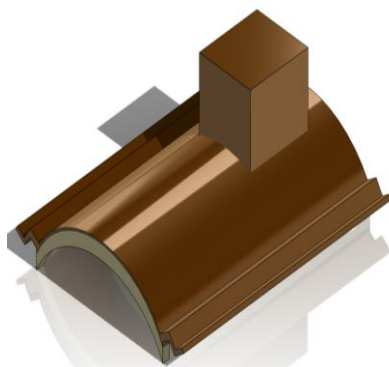


Figura 114 Bóveda de Puerto

Para que vayan dentro del horno de secado, se contempla que van a ir encima de calzas, por lo que las calzas serán del mismo material descrito, y se percibe colocar seis ladrillos en cada esquina de la bóveda de puerto.

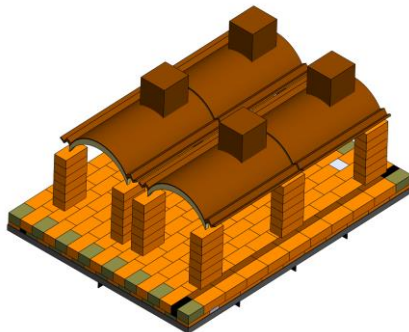


Figura 115 Ensamblaje de las bóvedas de puerto y la base de ladrillos refractarios

Como desarrollo, se realizan vistas explosionadas de los componentes a realizar el movimiento. En este caso, las partes a mover:

- La base móvil de ladrillos, y las bóvedas de puerto (saldrán de frente)
- Las puertas del Horno tendrán un movimiento de abrir y cerrar.

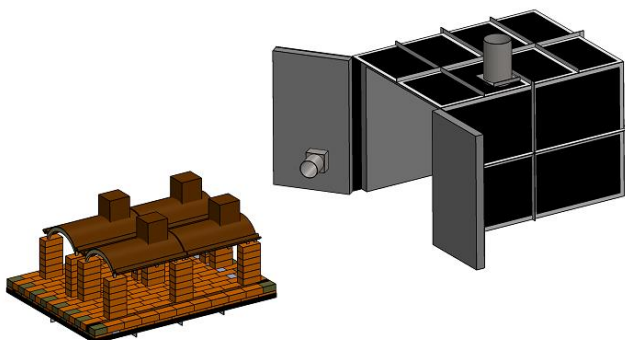


Figura 116 Vista Explosionada del horno y Base con bóvedas de puerto

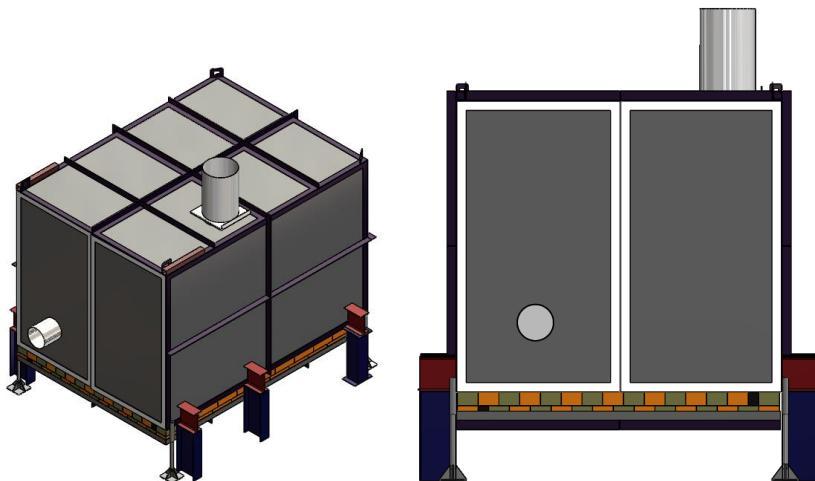


Figura 117 Horno de Secado Completo, en vista isométrica y frontal

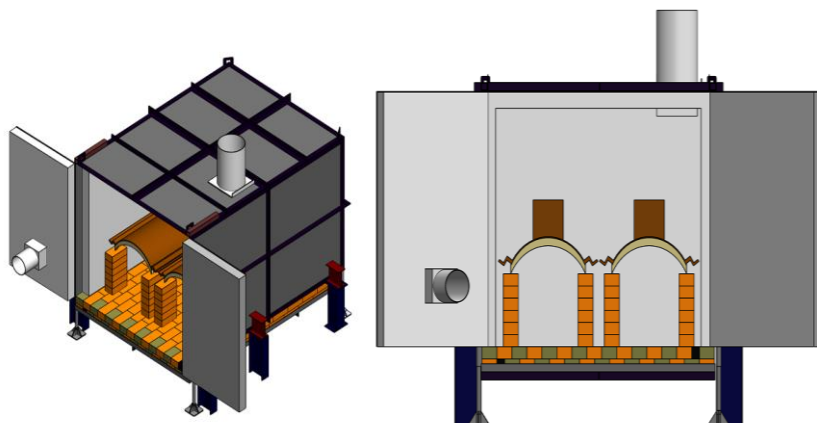


Figura 118 Visualización interna en puertas abiertas del horno, destacando la formación de las bóvedas de puerto

Para tener una noción más clara sobre el movimiento de las bóvedas internas, se realiza un estudio de movimiento que tiene como finalidad:

1. Visualización Realista del Movimiento:

- **Simulación del Comportamiento:** Permite visualizar cómo se moverá y funcionará un ensamblaje o un mecanismo en la vida real, lo que ayuda a detectar posibles problemas de diseño.
- **Presentaciones Efectivas:** Facilita la creación de animaciones realistas para presentaciones, ayudando a comunicar el diseño y funcionamiento del producto a clientes, inversores y otros interesados.
- **Interferencias y Colisiones:** Ayuda a identificar y solucionar problemas de interferencias y colisiones entre componentes durante el movimiento.
- **Funcionamiento Correcto:** Asegura que los mecanismos funcionen según lo esperado, verificando movimientos, rangos y secuencias.

Se procede a generar los movimientos que se tendrán en la animación; con el uso del software SolidWorks, se les asigna los desplazamientos correspondientes a algunos componentes, esto se puede realizar a partir de una vista explosionada a los elementos en los que tendrán dicho movimiento.

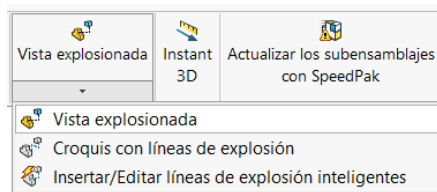


Figura 119 Funciones para crear una vista explosionada

Como primeros movimientos, es la apertura de las puertas a un ángulo de 180°. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

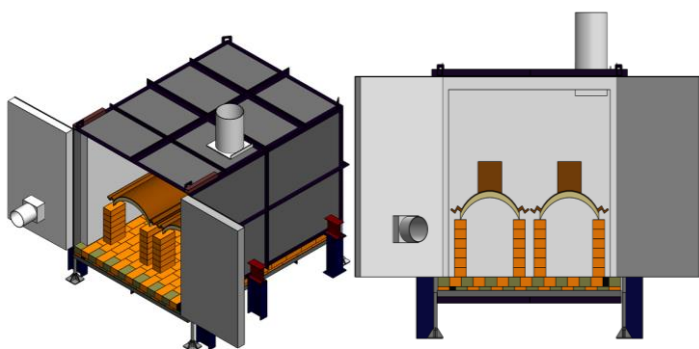


Figura 120 apertura de puertas a un ángulo de 180° a los extremos

Como siguiente movimiento, se realiza una vista explosionada de la base del horno, en este caso los componentes a trasladar son (base de carcasa con el sub-ensamblaje de ladrillos, soporte exterior de la base, y las bóvedas de puerto con sus respectivas calzas).

Estando dentro de la función de vista explosionada se puede seleccionar cada componente agregando una separación de su estado inicial en la que se encontraba, en este caso la separación que se consideró es de 4.5 metros, siguiendo su respectivo sistema de referencia que viene por predeterminado y así generar como resultado un paso de explosión.

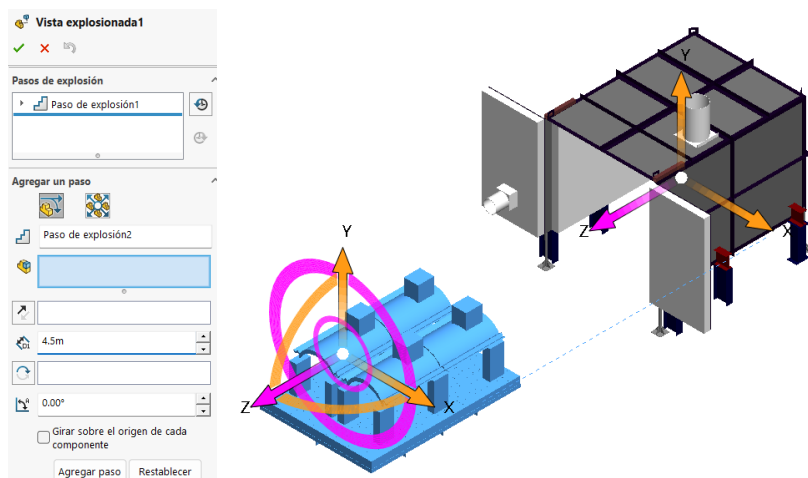


Figura 121 Selección de elementos a mover

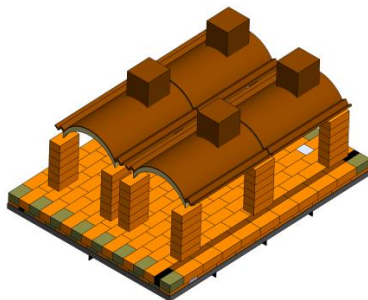


Figura 122 Desplazamiento externo de la base con las bóvedas de puerto

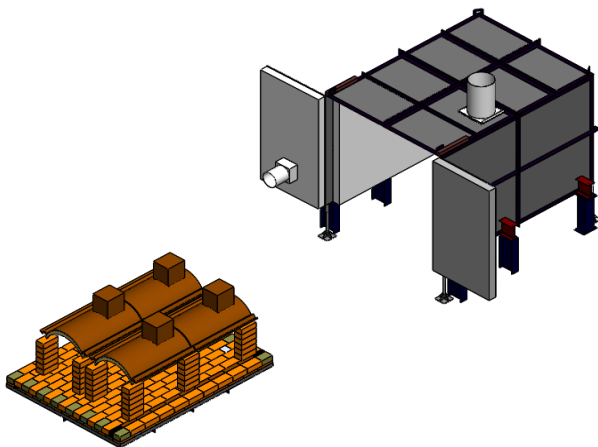


Figura 123 Visualización de salida de la base

Para ir definiendo completamente el modelo y no se generen errores en la animación, se tiene que revisar pieza por pieza, a que no se tenga alguna interferencia entre componentes, sin embargo, este proceso lleva un tiempo considerado, pero es requerimiento para proseguir con la animación.

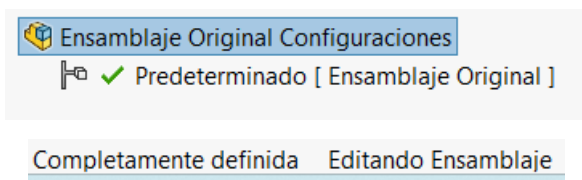


Figura 124 Definición de un ensamblaje completamente definido

Una vez definido completamente las configuraciones y las propiedades del ensamblaje general, se procede a crear un nuevo estudio de movimiento, agregando tiempos para cada desplazamiento y orientaciones de vistas de cámara, cada elemento va ir adherido a la línea del tiempo que se encuentra en escala de segundos. Dicha función se encuentra en la pestaña inferior que viene por predeterminado.

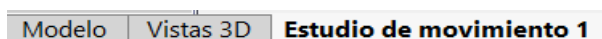


Figura 125 Creación de estudio de movimiento

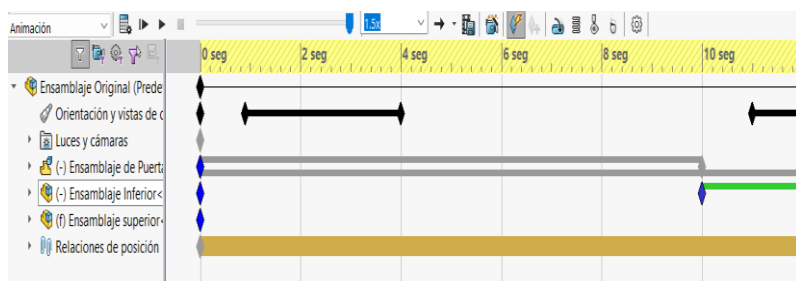


Figura 126 Formación de marcadores de tiempo para crear la animación

Los rombos de color azul que aparecen en el inicio de la línea de tiempo son las marcas de tiempo, tienen como función almacenar el tiempo que se requiera para cada sub-ensamblaje, simplemente con recorrer desde su posición inicial hasta el tiempo a considerar. los movimientos de vistas mientras se corren las marcas de orientación y vistas de cámara, que tiene como finalidad generar los movimientos de vistas mientras se corre el tiempo inicial de las

marcas tiempo, en ello se pueden agregar movimientos como las vistas estándar (frontal, superior, inferior, isométrico, etc.)

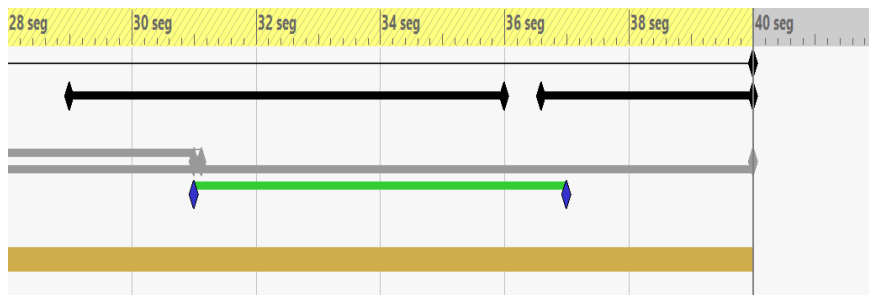


Figura 127 Corredor de la línea del tiempo

Una vez agregado todos los movimientos considerados, se procede con el cálculo automático de movimientos, esto con la finalidad de fijar los cambios y movimientos realizados dentro del acotador de marcas automáticas.

Misma función se encuentra en la pestaña superior de estudio de movimiento, mismo que vuelve a correr el estudio de movimiento desde el inicio hasta el tiempo determinado asignado. Con dicha función se concreta de manera completamente definido, es decir, si se hacen cambios en el modelo, el estudio de movimiento queda guardado.

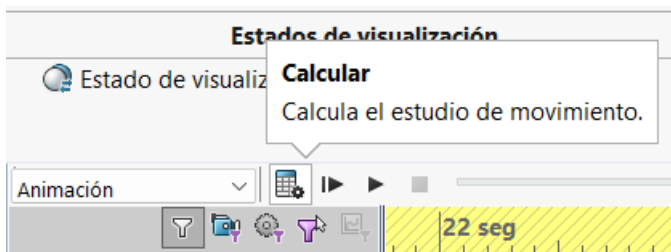


Figura 128 Cálculo de movimientos agregados

Por último, se exporta la animación a formato MP4, configurando el tamaño de imagen, cociente de aspecto fijo, y los fotogramas por segundo, obteniendo como resultado un video de una duración aproximada de 40 segundos.

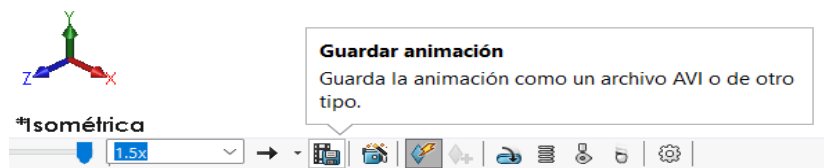


Figura 129 Herramientas para guardar la previa animación

Nombre de archivo:	Ensamblaje Original	Guardar
Tipo:	Archivo AVI de Microsoft (*.avi)	Programa
Renderiza:	Pantalla de SOLIDWORKS	Cancelar
		Ayuda
Tamaño de imagen y cociente de aspecto 1868 547 ☒ Cociente de aspecto fijo ☐ Usar cociente de aspecto de cámara ☒ Cociente personalizado (anchura/altur 1868 : 547		Información de fotografías Fotogramas por 7.5 Marcos para exportar: Toda la animación Intervalo de tiempo: 40 has 40

Figura 130 Propiedades de la animación a guardar

18.10 HORNO REVERBERO 2

Como se ha descrito en el marco teórico de este documento, se realiza un segundo modelo de horno reverbero, convirtiéndose en un modelo mucho más completo que el primer diseño realizado en este documento, sin embargo, para dicho modelo de horno, se efectúa a partir de un plano croquizado en 2D, en donde a partir del modelo actual del plano que se tiene se inicia el diseño de la estructura general, en este caso, a primera instancia se crea el modelado 3D de la carcasa metálica en donde va contener en su interior todos los aislamientos conforme a los requerimientos específicos del modelo.

Iniciando con el desarrollo del modelado 3D de la carcasa, a través del software SolidWorks, con las herramientas que nos ofrece, el modelo se crea a partir de un plano de planta, agregando las cotas con sus medidas correspondientes, obteniendo como resultado un croquis completamente definido, tal como se muestra a continuación.

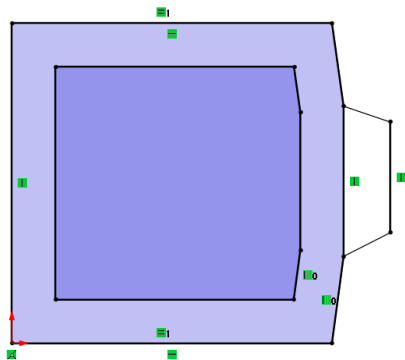


Figura 131 Formación del croquis para la carcasa metálica

Añadiendo material a partir de la función de extruir saliente base, se obtiene el modelo en sólido.

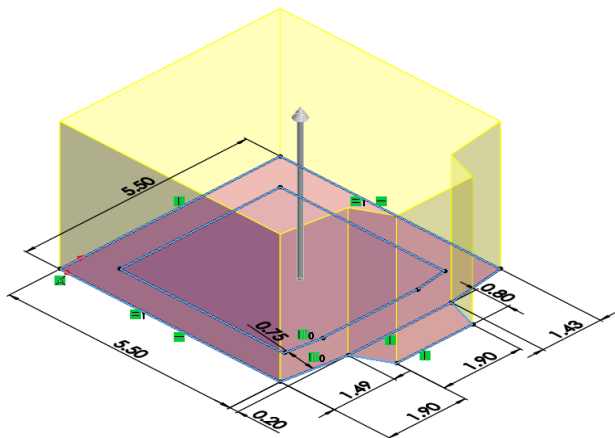


Figura 132 Operación de extruir saliente/base

Obteniendo un modelo en pieza sólida, se le agrega un corte en la parte inferior de enfrente, esto con la finalidad de que la mitad restante de la parte superior será considerado para la (Chimenea).

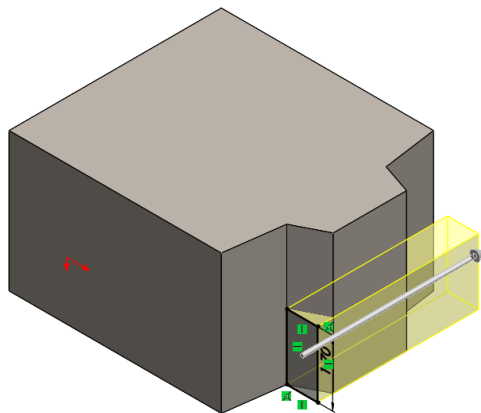


Figura 133 Corte previo para formar la base de la chimenea

Después del corte realizado, se procede a añadirle un vaciado por toda pieza en sólido, esto con la finalidad de que la carcasa solo quede de un grosor específico, en este caso, el grosor definido por el plano de diseño es de 3/8 de pulgada.

Por último, una vez considerado el grosor por medio del vaciado, se crea un croquis en la parte frontal del modelo, ya que el uso del croquis será para la puerta principal del horno. Teniendo el croquis completamente definido, se procede a crear un corte, con una profundidad igual que al del grosor del vaciado descrito anteriormente. Teniendo el modelo completo, dentro de la lista de materiales que proporciona el software, se le asigna un ACERO ESTIRADO EN FRÍO AISI 1045 por todo el modelo. El resultado del modelado se muestra a continuación.

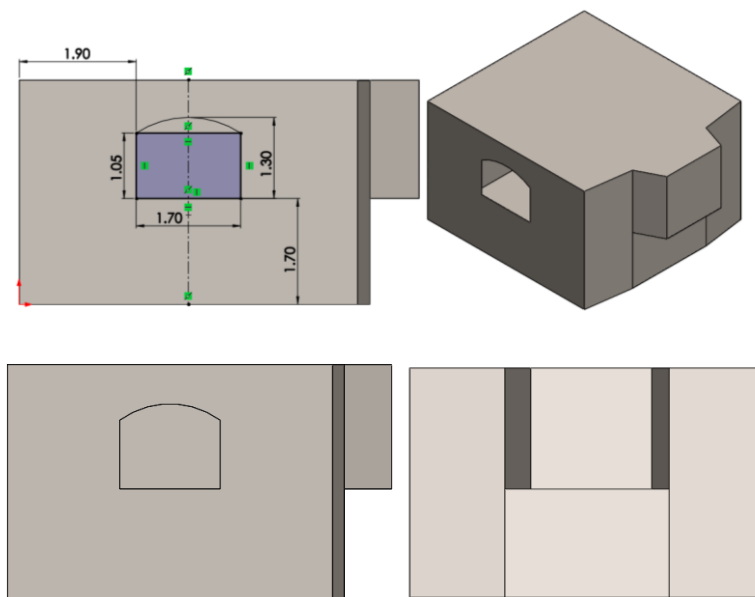


Figura 134 Croquis para crear la entrada en forma de arco, en sus tres vistas estándar como modelo 3D

El modelo definido anteriormente, está en función de una base, es decir, que a partir de la carcasa se irán realizando y agregando los elementos necesarios (aislamientos) con la finalidad de obtener como objetivo un horno más complejo.

Siguiendo con la jerarquía para llegar al modelo completo, se continúa con la primera capa de aislamiento. Antes de realizar el diseño debemos de identificar las partes contempladas en las que se dividirá el horno. Para ello, a continuación, se muestra los detalles del horno en subsecuente.

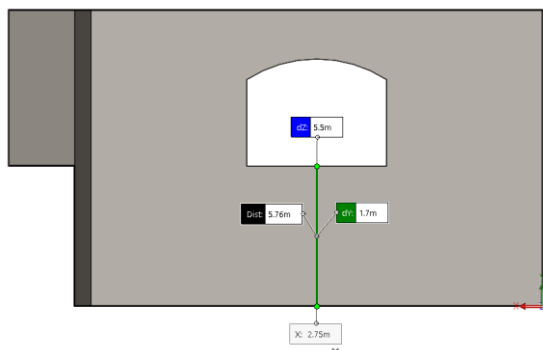


Figura 135 Identificación de las partes que conforma el Horno

De manera interna; en una vista de corte, tal como se visualiza en la imagen; en la dimensión de la línea verde, inicia de la parte inferior de la puerta hasta el piso, teniendo que la longitud de altura considerada serán las cuatro paredes internas y el piso, que conformarán el (tanque). Para la parte superior interno del horno, que abarca las cuatro caras internas se define como (superestructura) y por último en la parte superior de la puerta se define como (techo de la bóveda).

Todo lo anterior se contextualiza para tener idea en la forma en la que se irán agregando los aislamientos en el horno reverbero, según en la parte que corresponda. A partir del modelado de la carcasa, retomando el diseño de la primera capa de aislamiento interno. Para la primera capa de (aislamiento 1) tiene como propiedad física y química, una densidad de la masa de 208 kg/m^3 con una conductividad térmica de $0.23 \text{ (W/m}^{\circ}\text{K)}$, además contiene un 47% de alúmina y 53% de silicio.

Para dicho modelo se considera que el aislamiento 1, cubrirá la parte del tanque, la superestructura y la chimenea, por lo que no se contempla para el techo de la bóveda.

Realizando el modelo en SolidWorks, comenzando con un plano de planta y trabajando en el sistema de unidades MKS (metro, kilogramo, segundo), se elabora el croquis completamente definido y se crea material a partir de la función extruir saliente/base, dando como resultado un sólido completo.

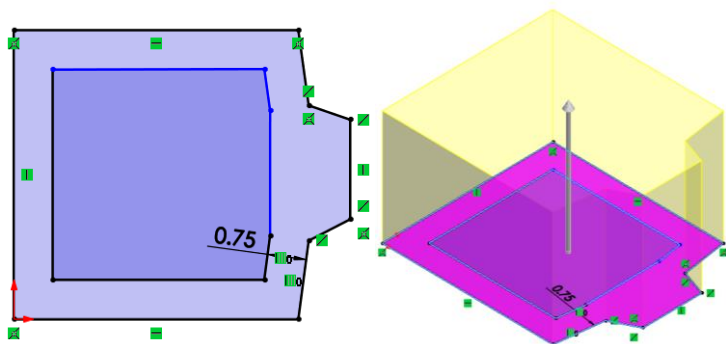


Figura 136 Formación de trazado y operación saliente/base para el Aislante 1

Como se visualiza en el plano, se tienen relaciones de posición de (colineal) y de puntos coincidentes marcados en verde, esto hace referencia a que el plano sigue la secuencia de las aristas internas de la carcasa metálica, esto con la finalidad de obtener un ensamblaje completamente definido y de no obtener ninguna detección de interferencias entre sólidos, es decir, que entre las capas no habrá algún espacio de separación por lo que quedarán pegados entre paredes.

Continuando, se realiza el vaciado correspondiente al grosor de $\frac{1}{4}$ de pulgada, a partir de ello se efectúa el croquis en la vista frontal para agregar la puerta con su medida correspondiente. Por lo que el modelo 3D resulta de la siguiente manera.

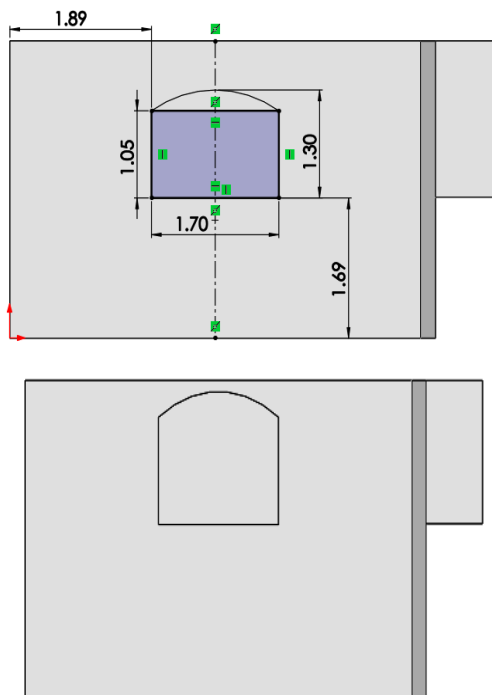


Figura 137 Realización de croquis para la puerta

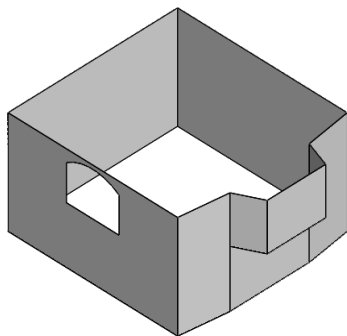


Figura 138 Vista de corte en isométrico del aislante 1

Como segunda capa de (aislamiento 2), tendrá un espesor de 3 pulgadas, contemplado para el tanque, la superestructura y chimenea. Por lo que este segundo aislante tiene características físicas y químicas, como su densidad de la masa de 272 kg/m^3 , una conductividad térmica de $0.22 \text{ (W/m}^{\circ}\text{K)}$, con un contenido de alúmina de 42% y 56% de silicio.

Realizando el mismo procedimiento que el modelo anterior pero ahora con un vaciado de 3 pulgadas para generar es espesor, por ende, agregar el croquis para la puerta y la chimenea, por lo que el resultado del modelo es el siguiente.

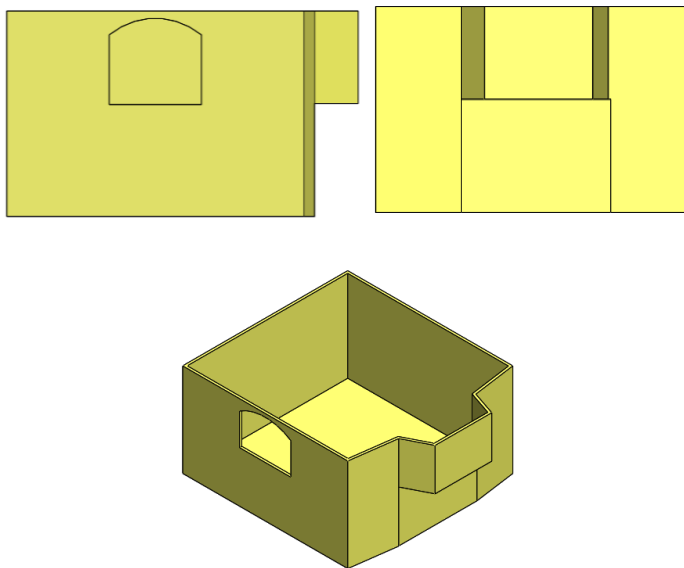


Figura 139 Modelado 3D del segundo aislamiento en sus 3 vistas estándar

Para la tercera capa de aislamiento, corresponde a un primer revestimiento (Refractario 1) con un grosor de 4 pulgadas contemplado únicamente para la parte del tanque. Este material tiene como propiedades físicas y químicas: una densidad de la masa de 2400 kg/m^3 , con una conductividad térmica considerar de $2.2 \text{ (W/m}^2\text{K)}$, con un 49.6% de contenido de alúmina y 47.6% de silicio.

Desarrollando el modelo, ahora simplemente se realiza el croquis y creando material a partir de la función extruir saliente/base; el modelo queda de la siguiente manera.

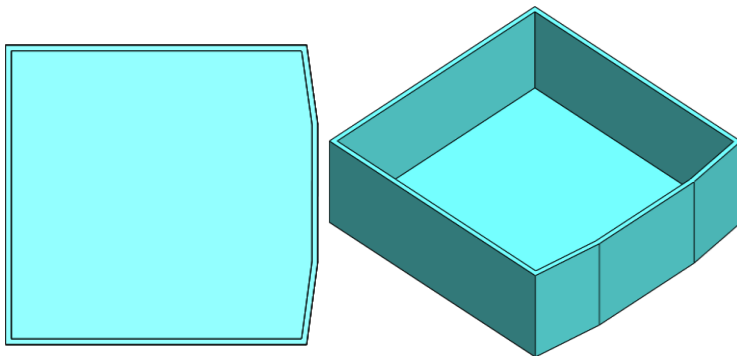


Figura 140 Modelado 3D del revestimiento Refractario 1

Continuando con la última capa de revestimiento que corresponde a un material (Refractario 2) para la parte del tanque, con un grosor de paredes de 12 pulgadas, y se agrega un elemento en la pared frontal; viéndolo de manera interna como una rampa que estará ubicado en el tanque pegado al último revestimiento (Refractario 2), mismo que la rampa será del mismo material, además de que la pendiente iniciará desde la parte inferior de la puerta hasta el piso. Este material posee una densidad de la masa de 2510 kg/m^3 , con una conductividad térmica de $2.4 \text{ (W/m}^*\text{K)}$, con un contenido de alúmina de 57.3% y 36.7% de silicio.

Realizando primero el sólido de las 12 pulgadas en las paredes y el piso, creado a través de un plano de planta, el modelo resulta de la siguiente manera:

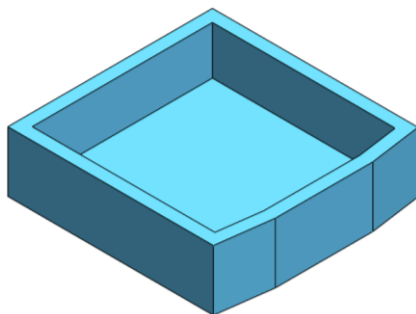
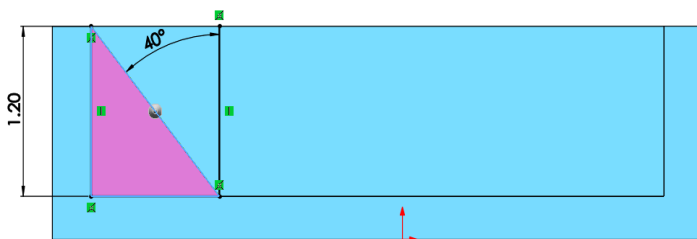


Figura 141 Vista Isométrica

Como la rampa es del mismo material, la manera más eficiente es crearlo dentro de la misma pieza, con la finalidad de no crear otra pieza y generar un elemento extra para el ensamblaje. Como detalle de croquis, se considera de una altura de 1.20 metros y la pendiente de un ángulo de 40° hasta llegar al piso del tanque. Una vez definido completamente el croquis se prosigue a crear el material con la función extruir saliente/base, con dirección hasta topar con el sólido, en este caso con la pared lateral derecha. Por lo tanto, el modelo se establece de la siguiente manera:



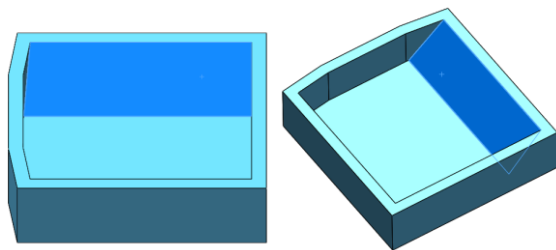


Figura 142 Formación de la rampa en sus 3 vistas estándar

Una vez teniendo el modelado 3D de esta última capa para la parte del tanque, se continúa ahora para la superestructura, puesto que ahora cambian algunos materiales de aislamiento y grosores.

Retomando para la primera capa de aislamiento, mencionado anteriormente, en el caso del tanque correspondiente al (aislante 1), con un espesor de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Contemplado para la parte del tanque, paredes de la superestructura y la chimenea, por lo que se quedaría con la misma dimensión y no habrá algún cambio o modificación que realizar.

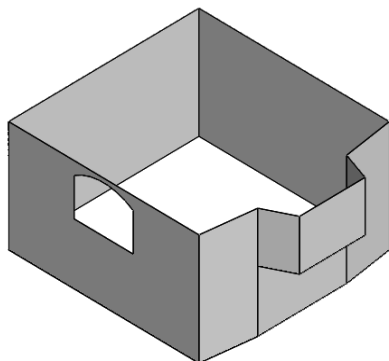


Figura 143 Vista Isométrica

De igual forma, con la segunda capa del revestimiento (aislamiento 2), así como se consideró para la parte del tanque, también se incluye para la superestructura y la chimenea, contemplando la misma dimensión de grosor de 3 pulgadas. Realizando el mismo procedimiento dentro del software a partir de un plano de planta se obtiene el siguiente modelo 3D.

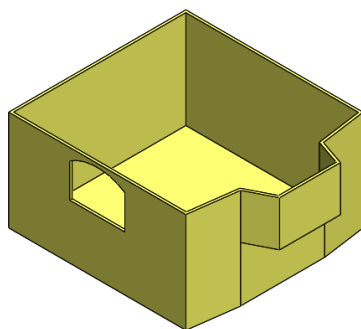


Figura 144 Vista Isométrica

Siguiendo con la tercera capa de la superestructura, esta pieza en sólido será diferente, debido a que cada parte que lo conformará (superestructura, chimenea y techo de bóveda) serán de distintas medidas,

Iniciando con el material se considera (Refractario 1) que se ha descrito anteriormente, mismo que se puede agregar editando desde la lista de materiales que proporciona el software, agregando algunas especificaciones en la tabla de propiedades físicas. Comenzando con la dimensión del techo de la bóveda funcionando como base para crear el resto de los sólidos (paredes

de superestructura y chimenea) será de un espesor de 19 pulgadas. Para ello se realiza el croquis en un plano de planta y se crea material por medio de la función de extruir saliente/base, quedando de la siguiente manera:

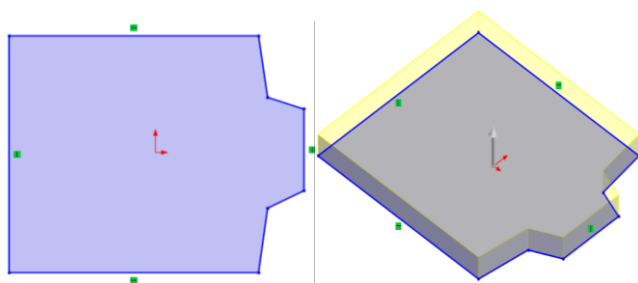


Figura 145 Formación de Trazado en vista de planta

Una vez realizado el techo de la bóveda, se prosigue a crear un plano en la misma cara inferior de la tapa, pero ahora será agregando las cotas de medidas correspondientes para las paredes de la superestructura, al igual que se agregan relaciones de posición por todo el croquis como la de colineal, paralelo entre rectas, horizontal, vertical y puntos coincidentes, (representado en puntos verdes en el plano); esto con la finalidad de obtener un croquis completamente definido.

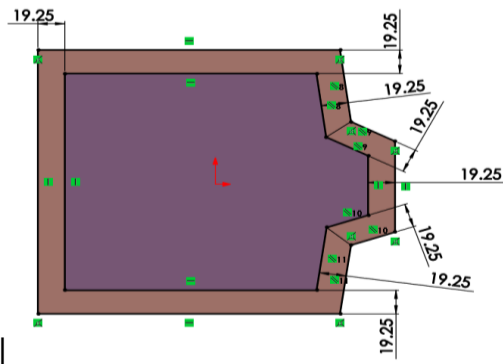


Figura 146 Alineación de la primera moldura

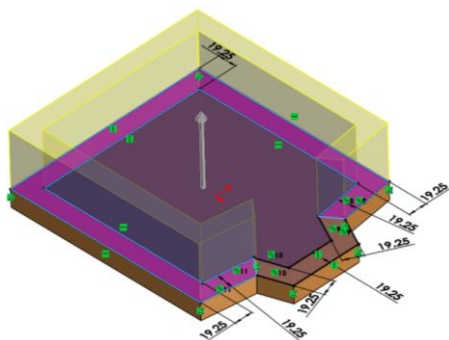


Figura 147 Operación Saliente/Base para formar la bóveda

Como se observa en la imagen anterior, por medio de la función extruir saliente/base, ya se consideran las paredes de la superestructura, por lo que, como todo se está realizando dentro de la misma pieza, el grosor que se está considerando es de 19 y $\frac{1}{4}$ de pulgadas de pared, mismo a que después se va realizar un corte al exterior de las paredes, en donde se van omitir las 3 y $\frac{1}{4}$ de pulgadas que pertenecen a las paredes de la superestructura del material de los dos primeros aislantes (Aislante 1 y 2) por lo

que en resultado final se tendrá un grosor equivalente a 16 pulgadas del material Refractario 1.

De igual forma se crea el croquis para la chimenea, agregando cotas de paredes y piso de 9 y $\frac{1}{4}$ de pulgadas del mismo material de Refractario 1, mismo que también se realizará un corte en sus paredes exteriores, omitiendo las 3 $\frac{1}{4}$ de pulgada que pertenecen a los aislantes 1 y 2, obteniendo así una pared y piso de 6 pulgadas.

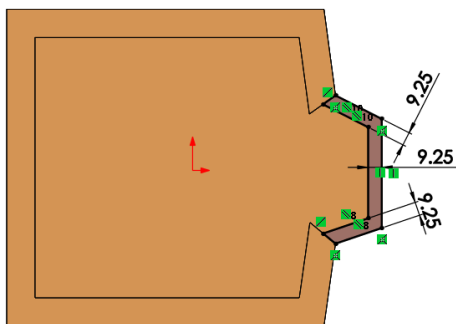


Figura 148 Trazado de croquis para formar la chimenea

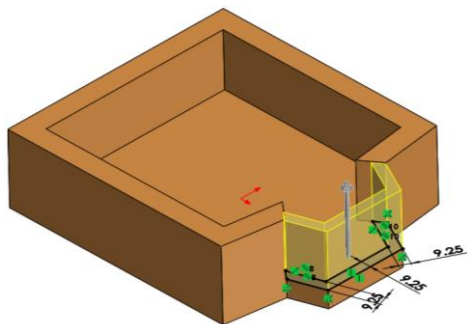


Figura 149 Operación Extruir Saliente/Base de la Chimenea

Obteniendo el sólido completo, se procede a realizar los cortes en las paredes externas del modelo a través de un nuevo croquis y agregando las relaciones de posición correspondientes para obtener un modelo completamente definido, reduciendo las 3¼ de pulgadas que pertenecen a las paredes de la superestructura con el material del aislante 1 y 2. Y de ahí realizar el corte únicamente hasta la cara del techo de la bóveda.

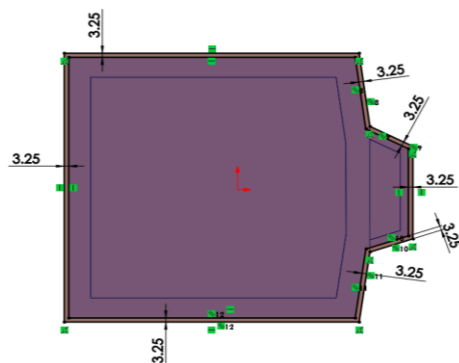


Figura 150 Trazado para realizar corte de paredes de la Superestructura

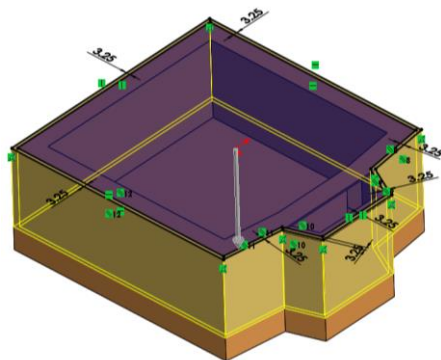


Figura 151 Creación de Extruir Corte

Por lo tanto, el resultado del modelo general 3D es el siguiente:

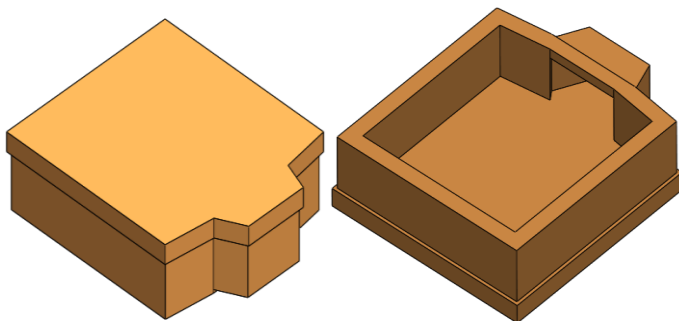


Figura 152 Modelado 3D del Refractorio en vista isométrica y planta

En resumen, obtenemos un grosor de 16 pulgadas para las paredes de la superestructura, 19 pulgadas para el techo de la bóveda y 6 pulgadas para las paredes y piso de la chimenea.

Por último, modelo a diseñar, se agrega una capa de 4 pulgadas denominado Aislante 3, en la parte superior externo de la carcasa metálica. Iniciando con el croquis en un plano de planta; además de agregar las relaciones de posición correspondientes para generar un modelo completamente definido. Y de ahí extruir saliente/base para generar el sólido y obtener el modelo en 3D.

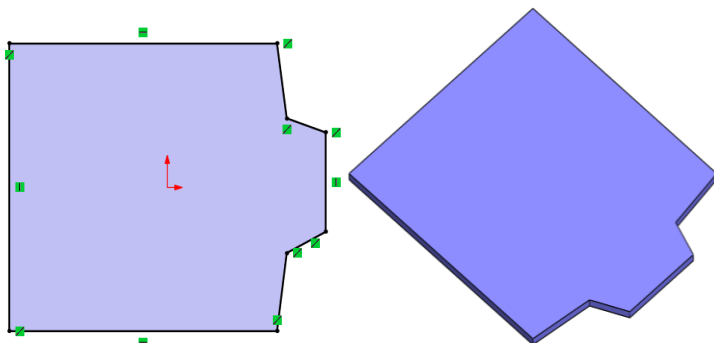


Figura 153 Elaboración del aislante 3

Una vez elaborado todos los aislamientos que pertenecen al horno reverbero, se prosigue con el ensamblaje general de todos los componentes, teniendo como base la carcasa metálica como un componente fijo, y de ahí ir agregando las capas correspondientes. Para ello, en el módulo de ensamblaje, se agregan los componentes desde la barra de herramientas (Insertar Componentes)

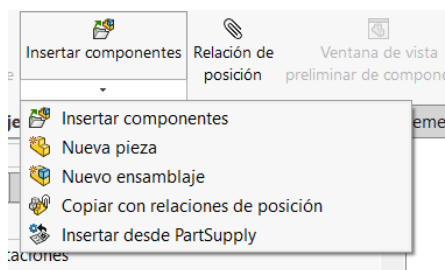


Figura 154 Creación de Ensamblaje

En donde se agrega el primer componente que pertenece al aislante 1, sin embargo, se obtiene como una pieza flotante, esto con la finalidad de ir agregando manualmente las relaciones de posición con respecto a la carcasa metálica.

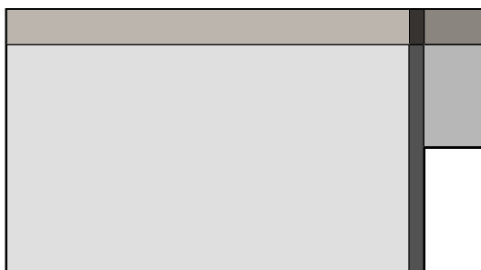


Figura 155 Ensamblaje de Carcasa y el primer aislamiento

Siguiendo los mismos pasos del primer ensamblaje, se agrega el segundo elemento a ensamblar que corresponde al (Aislante 2), y por consecuente se agregan las dos capas restantes que pertenecen a los (Refractarios 1 y 2) pertenecientes al tanque, agregando las relaciones de posición correspondientes.

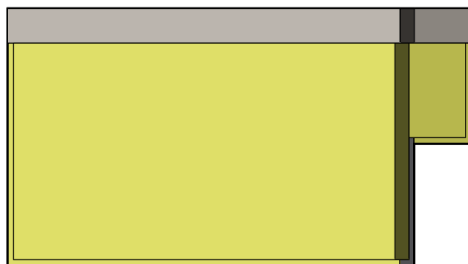


Figura 156 Ensamblaje del segundo aislante

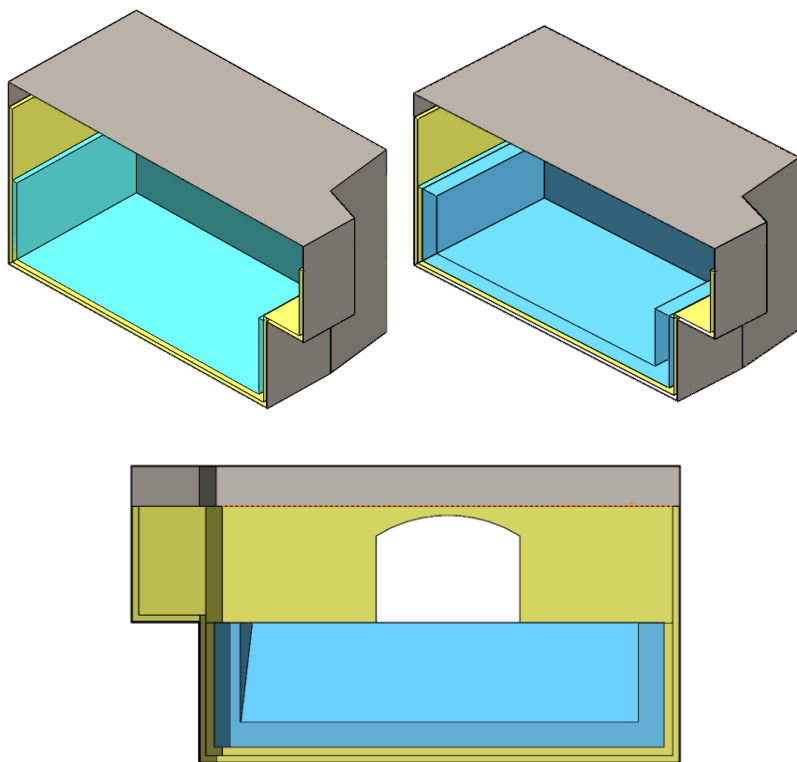


Figura 157 Ensamblaje de refractario en vistas de corte

Teniendo la parte del tanque completamente definido, se procede agregar la superestructura, en este caso solamente va a ser un componente, correspondiente al (Revestimiento 1) que cubrirá también el techo de la bóveda y la chimenea. Siguiendo los mismos pasos para realizar el ensamblaje adjuntando las relaciones de posición adheridos en la carcasa metálica, en la capa del aislante 2 y en la parte superior de las paredes del tanque (Refractario 1 y 2); se obtiene como resultado el siguiente modelo:

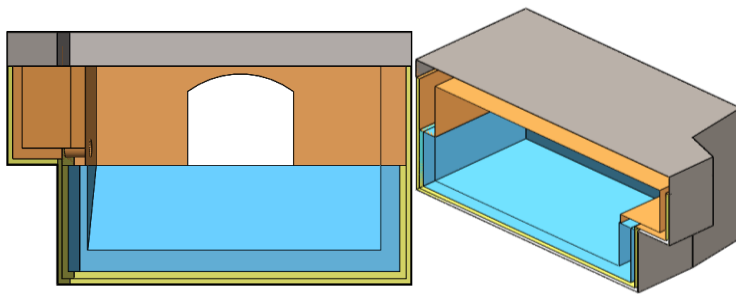


Figura 158 Ensamblaje de la Superestructura en vistas de corte

Por último, se agrega en la parte superior externa de la carcasa el tercer aislante. Obteniendo así un ensamblaje completamente definido y un modelo totalmente complejo.

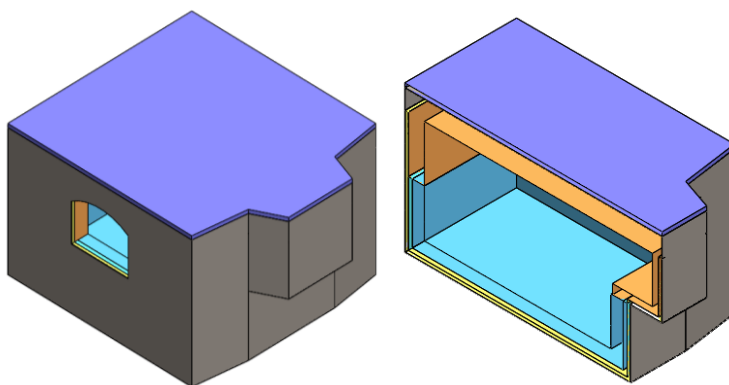


Figura 159 Modelo Completo (Horno Reverbero 2) En vista isométrica completa y de corte

Una vez teniendo el modelo completo, los siguientes aspectos a considerar, es agregar los cortes correspondientes pertenecientes a la chimenea, deduciendo a que este, es un elemento crucial para

la extracción y expulsión de gases quemados de combustión y humos generados durante la operación del horno.

De igual forma, se agregan orificios que representarán la entrada del quemador, estos estarán ubicados a los lados de la chimenea, por lo que se tendrá que realizar un croquis en la cara exterior de la carcasa y de ahí con la opción de extruir corte para definir por todos los elementos el mismo corte siguiendo la trayectoria del croquis.

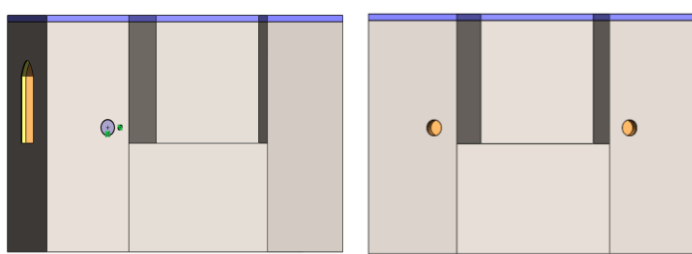


Figura 160 Realización de Orificios que representan las entradas para los quemadores

Por consecuente se agregan los cortes de la chimenea, respetando los grosores de sus paredes de 9 ¼ de pulgadas. Esto con la finalidad de que los gases quemados y demás vapores generados internamente, puedan salir a la superficie por medio de la chimenea.

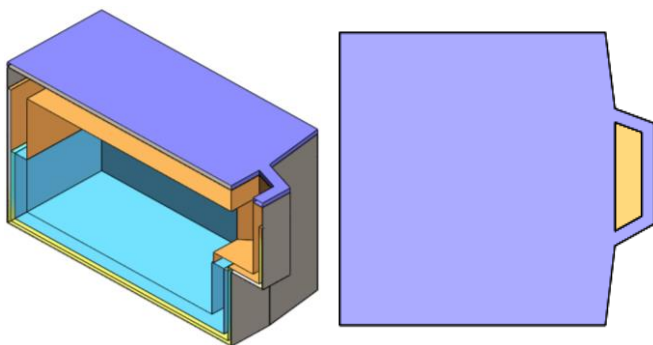


Figura 161 Formación de corte de la tapa de la chimenea

Con los detalles agregados, se estaría culminando con el modelo completo del horno reverbero, dando como resultado el modelado presentado a continuación:

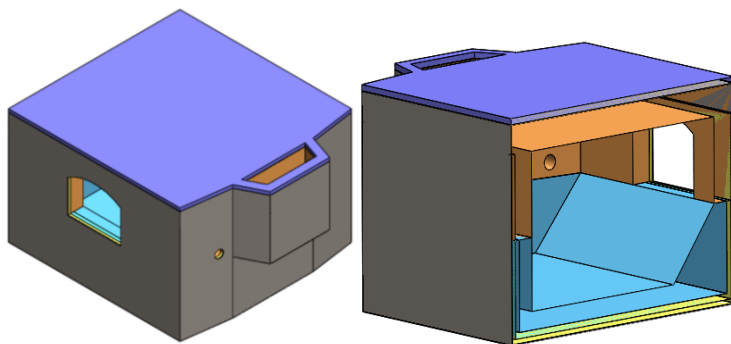


Figura 162 Modelo Completo, resaltando la visualización en la parte interna

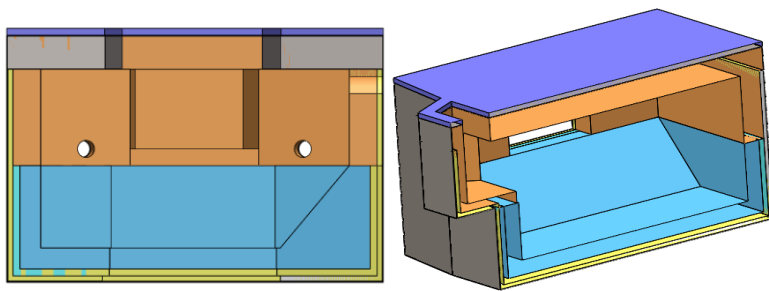


Figura 163 Vistas de Corte Laterales

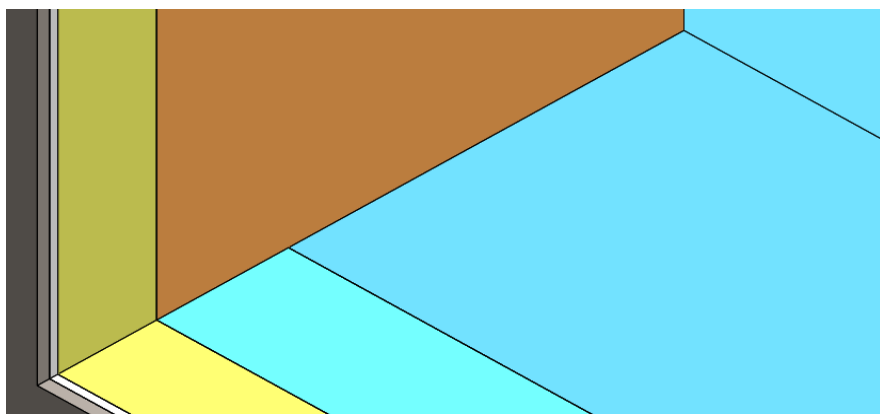


Figura 164 Visualización de las formación uniforme de capas de aislamiento y de material refractario

Como siguiente actividad a desarrollar es aplicar perfil térmico al modelo, para ello, se contemplan algunas propiedades físicas para cada material que se le asignó a cada componente, por lo que se considera la densidad que lo da por predeterminado del software, la conductividad térmica y el calor específico. A continuación, se presentan los datos de cada elemento que funcionarán como base para el análisis térmico.

MATERIAL	DENSIDAD DE LA MASA (kg/m^3)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\text{W/(m}^*\text{K)}$	COLOR DEL MODELO
Carcasa Metálica	7850	49.8	
 AISLANTE 1	208	0.23	
 AISLANTE 2	272	0.22	
REFRACTARIO 1	2400	2.2	
REFRACTARIO 2	2510	3.4	
 AISLANTE 3	256	0.219852	

Tabla 5 Datos de Propiedades Físicas y Químicas

Una vez agregado dichos datos de propiedades físicas del material, se procede a modelar el análisis térmico, para ello, algunos factores a considerar refiriéndose por las formas en las que se divide el horno (Tanque y Superestructura) para cada parte; se toma en consideración los siguientes parámetros para el análisis térmico:

- Temperatura Interna de la Superestructura: 950°C
- Temperatura Interna del tanque: 800°C

- Temperatura exterior de medio ambiente para Convección de 301.15 °K (28°C)
- Coeficiente de Convección: $22 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$
- Mallado Fino.

Activando los complementos de SolidWorks desde la barra de herramientas, en automático se agrega la opción de “SIMULATION”

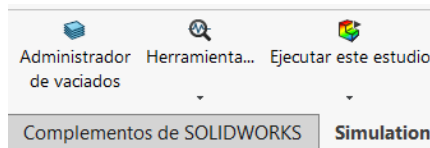


Figura 165 Activación del Módulo SIMULATION

Como siguiente paso a realizar, es indicar que tipo de estudio se va analizar, en este caso va ser un estudio térmico.

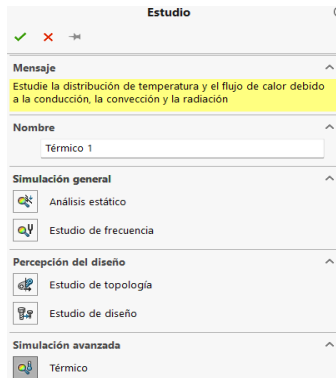


Figura 166 Determinación del tipo de estudio

Una vez aceptado, de forma automática aparecen las opciones para agregar en el perfil térmico.

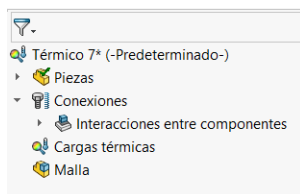


Figura 167 Bosquejo de opciones a considerar

En la opción de “cargas térmicas” se pueden agregar los factores de temperatura y de convección, que son las opciones a utilizar para agregar los parámetros mencionados anteriormente.

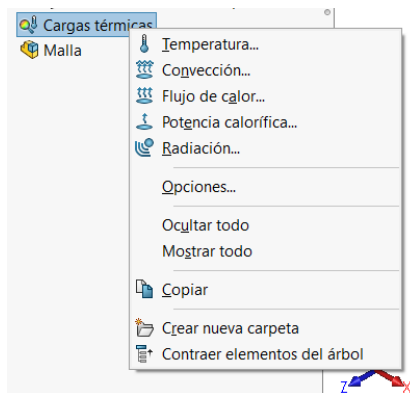


Figura 168 Proporción de cargas térmicas

Para agregar la temperatura interna solamente con seleccionar las caras y poner el grado de temperatura, como se muestra a continuación:

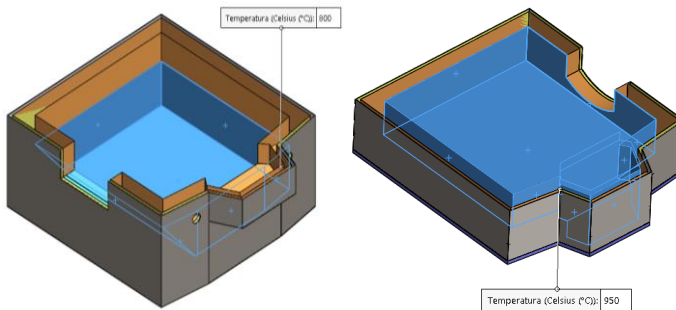


Figura 169 Visualización de la temperatura agregada en la parte interna del modelo

Una vez agregado las temperaturas internas del tanque y de la superestructura se procede agregar la convección, mismo que la opción se encuentra en cargas térmicas. De igual forma que la temperatura, solo con seleccionar las caras externas y agregar los parámetros mencionados anteriormente, con eso se definiría la convección.

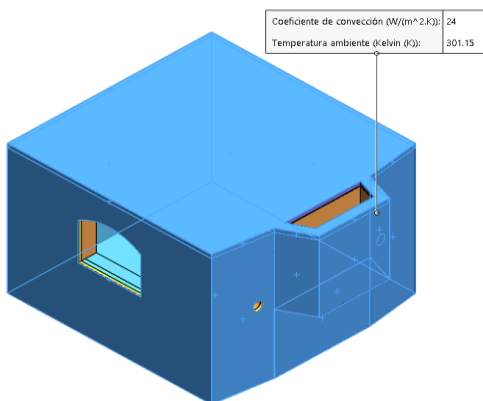


Figura 170 Parámetro de Convección en la parte externa del Horno

Siguiendo con los pasos, se procede agregar el mallado fino, simplemente con crear malla y recorrer el indicador en la parte de “Fino”

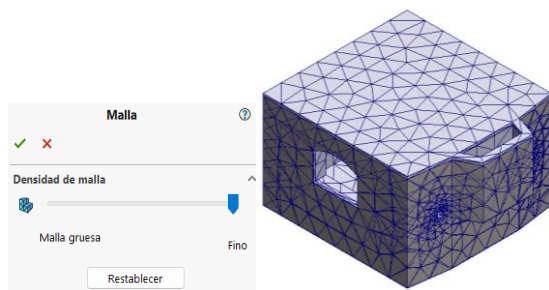


Figura 171 Formación de mallado fino en el modelo

Una vez agregado todos los parámetros, se procede a ejecutar el estudio, para obtener los resultados del análisis; por lo que algunos de los resultados fueron los siguientes:

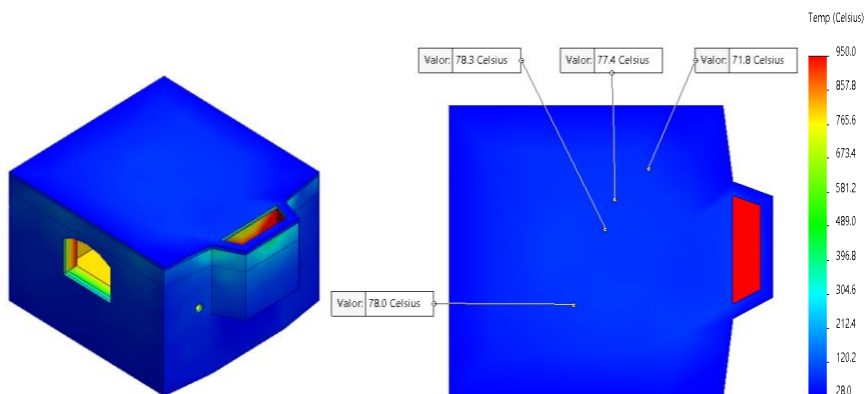


Figura 172 Resultado de análisis térmico con su respectiva escala de temperatura en grados Celsius

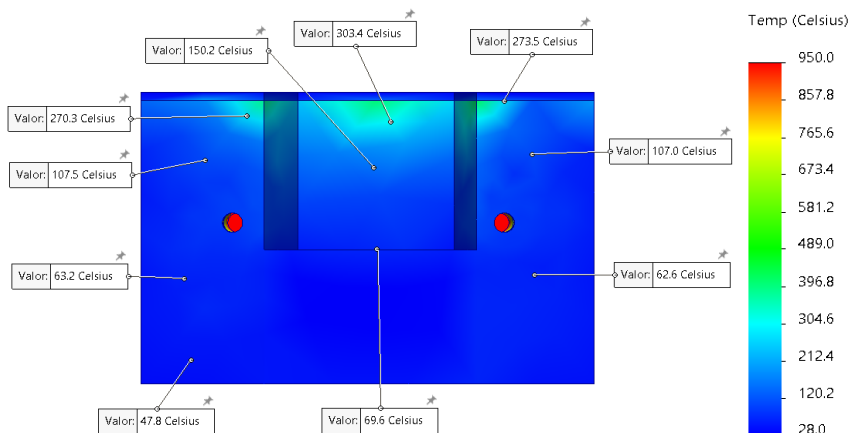


Figura 173 Resultados en algunos puntos por la parte exterior de la chimenea

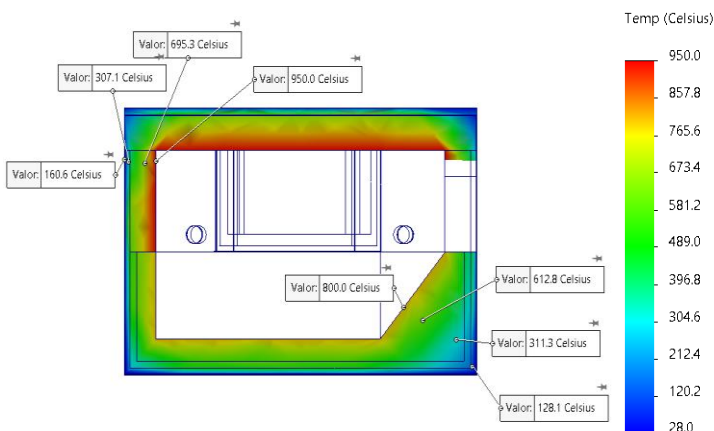


Figura 174 Resultados en algunos puntos por la parte interna del horno

Como visualización previa, solo se exponen algunos alcances previos, por lo que el resto se encuentra en el apartado de resultados de este documento. Y así dando como finalizado el desarrollo de este modelado completo del Horno Reverbero 2.

18.11 PLACAS DE AISLAMIENTO

Con la finalidad de tener una comparativa óptima basándose en el modelo anterior del segundo horno reverbero, las paredes de la superestructura y del tanque, considerando las mismas dimensiones de grosor de cada capa, se realizan modelos de placas de 1 m^2 considerando los espesores de aislamiento descritos anteriormente.

Comenzando con las paredes del tanque del horno, en donde se considera:

- Aislamiento 1: $\frac{1}{4}$ de pulgada.
- Aislamiento 2: 3 pulgadas.
- Refractario 1: 4 pulgadas.
- Refractario 2: 12 pulgadas.

Dando un total de $19\frac{1}{4}$ de pulgada de aislamiento. Se realizan placas considerando sus espesores para cada material, con una dimensión de 1 m^2 para cada uno.

Iniciando y determinando el croquis a través de un plano de alzado, se agregan las medidas correspondientes. De ello, con la función de extruir saliente/base se agrega el espesor correspondiente del primer material (Aislamiento 1). Y con este procedimiento obtenemos cada modelo de cada placa.

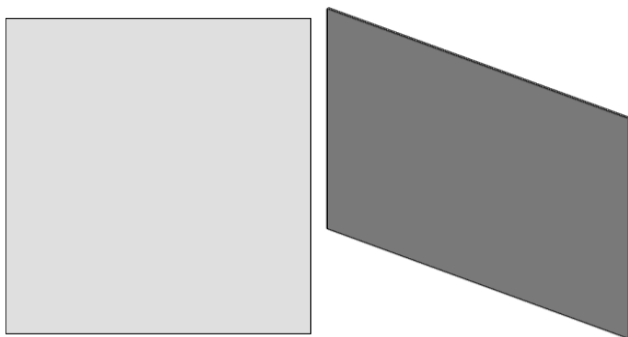


Figura 175 Modelado 3D de la primera Placa

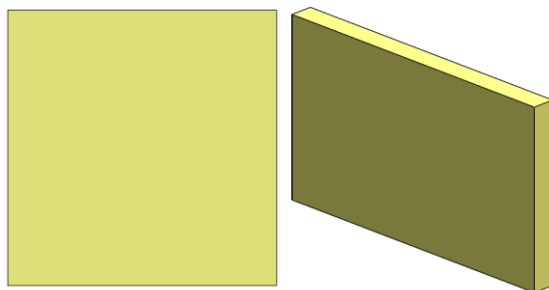


Figura 176 Modelado 3D de la Segunda Pared

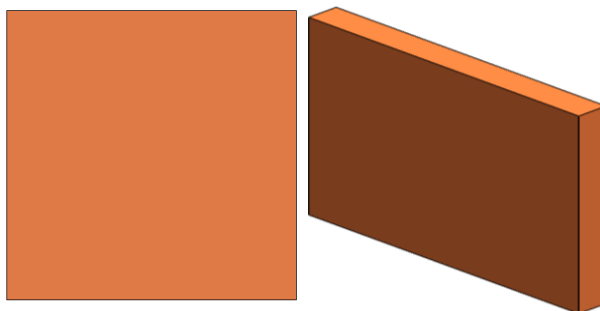


Figura 177 Modelado 3D de la Tercera Pared

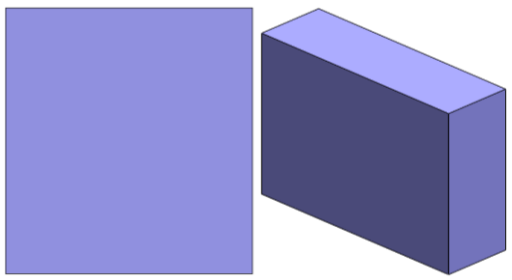


Figura 178 Modelado 3D de la Cuarta Pared

Una vez realizado todas las placas del tanque se procede a generar el ensamblaje para obtener un solo modelo. Dentro del módulo de ensamblaje se agregan los modelos realizados, agregando las relaciones de posición para cada uno y obtener un ensamblaje completamente definido.

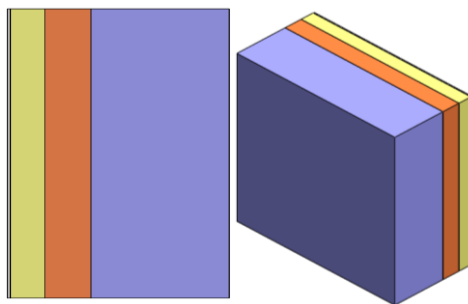


Figura 179 Ensamblaje total de la parte del Tanque en representación de paredes

Obteniendo el ensamblaje, se procede a realizar el análisis térmico, siguiendo los mismos pasos mencionados anteriormente, considerando los parámetros para la parte del tanque que son:

- Temperatura Interna del tanque (Cara Caliente): 800°C

- Temperatura exterior de medio ambiente para Convección de 301.15 °K (28°C)
- Coeficiente de Convección: $22 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$
- Mallado Fino.
- Escala de Temperatura mínima: Automático.

Ejecutando el estudio previo, se obtienen los siguientes resultados:

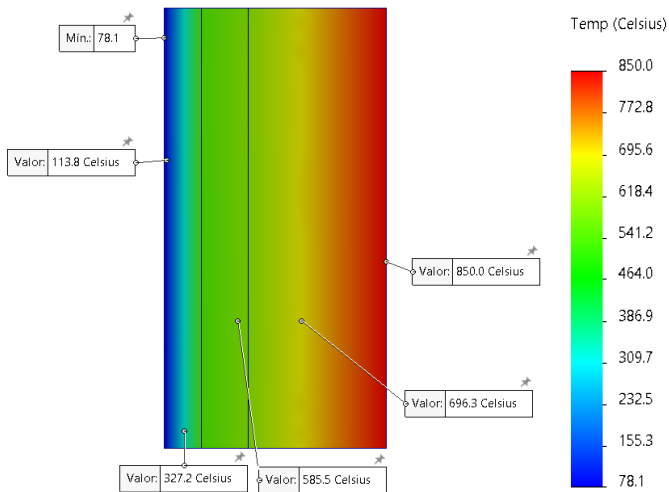


Figura 180 Resultados de Temperatura obtenidos para la parte del tanque

Para realizar una estimación breve en cuanto varía la temperatura en la parte fría, se realiza otro estudio, pero ahora omitiendo el (Aislamiento 1). Dando como resultado:

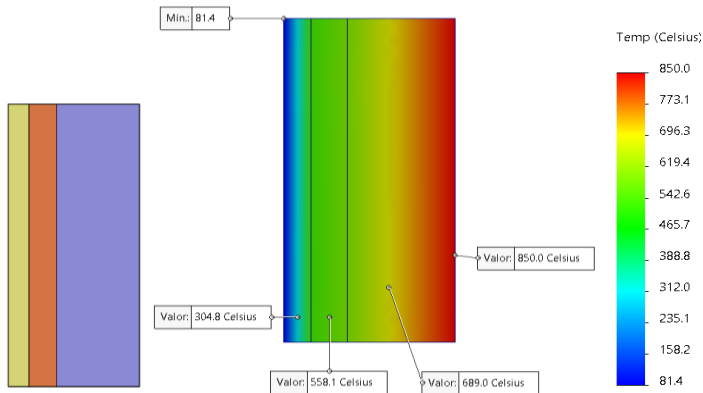


Figura 181 Resultados Previos de temperatura, omitiendo un aislante

Teniendo ambas comparativas, se puede deducir que el primer aislante fluctúa una diferencia de temperatura de 3.3° Celsius para el caso del tanque.

Volviendo a realizar el mismo procedimiento, pero ahora para las paredes de la superestructura del horno, en donde se considera:

- Aislamiento 1: $\frac{1}{4}$ de pulgada.
- Aislamiento 2: 3 pulgadas.
- Refractario 1: 16 pulgadas.

Dando un total de $19 \frac{1}{4}$ de pulgada de aislamiento. Se realizan placas considerando sus espesores para cada material, con una dimensión de $1 m^2$ para cada uno. Iniciando y determinando el croquis a través de un plano de alzado, se agregan las medidas correspondientes. De ello, con la función de extruir saliente/base se agrega el espesor correspondiente para cada placa.

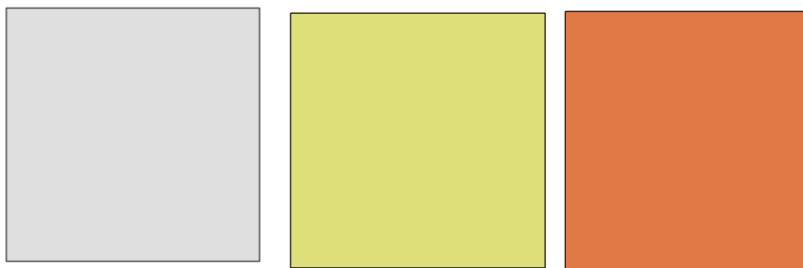


Figura 182 Modelado 3D de las paredes de la superestructura

Una vez realizado los modelos de las placas de la superestructura se prosigue con el ensamblaje general para obtener un solo modelo. Dentro del módulo de ensamblaje se agregan los modelos realizados, agregando las relaciones de posición para cada uno y obtener un ensamblaje completamente definido.

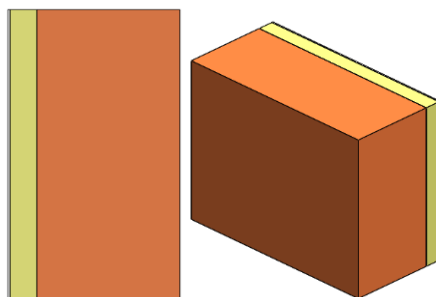


Figura 183 Ensamblaje de las paredes de la superestructura

Obteniendo el ensamblaje, se procede a realizar el análisis térmico, siguiendo los mismos pasos mencionados anteriormente, considerando los parámetros para la parte de la superestructura que son:

- Temperatura Interna de la superestructura (Cara Caliente): 950°C
- Temperatura exterior de medio ambiente para Convección de 301.15 °K (28°C)
- Coeficiente de Convección: 22 W/(m² * K)
- Mallado Fino.
- Escala de Temperatura mínima: Automático.

Ejecutando el estudio previo, se obtienen los siguientes resultados:

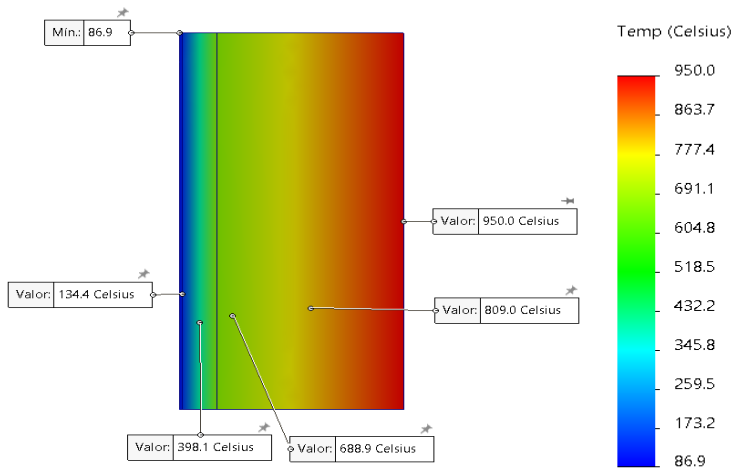


Figura 184 Resultados Previos del análisis térmico

Para realizar una estimación breve en cuanto varía la temperatura en la parte fría, se realiza otro estudio, pero ahora omitiendo el primer aislamiento. Dando como resultado:

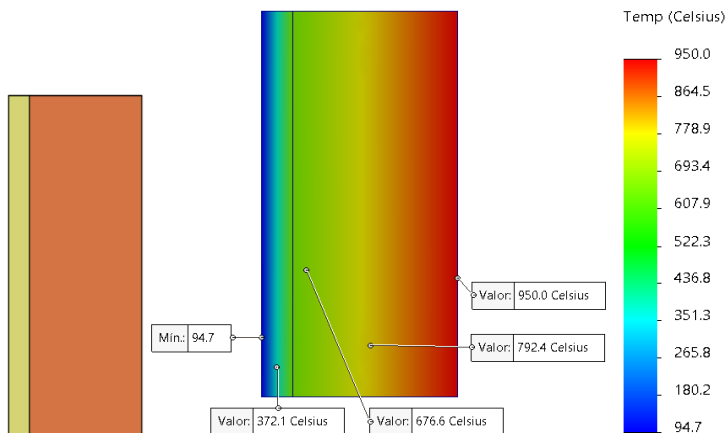


Figura 185 Resultado del análisis térmico en algunos puntos, omitiendo el primer aislante

Teniendo ambas comparativas, se puede deducir que para el primer aislante fluctúa una diferencia de temperatura de 7.8° Celsius para el caso de la superestructura.

18.12 CUCHARÓN DE MUESTREO

Como parte de las aplicaciones y elementos que se utilizan para los procesos de fundición, hay mecanismos que ayudan a realizar ciertos tipos de actividades, tales como el cucharón de muestreo. Las cucharas de trasvase son recipientes revestidos con refractario utilizados para transportar el aluminio fundido. El material del revestimiento refractario depende de la aplicación. Las características deseadas incluyen resistencia a la erosión y choque térmico, pérdida de calor mínima del metal que se está

transfiriendo, capacidad de volver a colocar los revestimientos, menor tiempo de mantenimiento y mayor seguridad.

Las cucharas se utilizan en las industrias de aluminio y fundición para transferir el metal fundido de un lugar a otro. A menudo se utilizan para retener el metal mientras es tratado por un degasificador y/o un fundente. Se llenan descargando la colada en el horno o utilizando una bomba de transferencia de metal. La mayoría de las cucharas de trasvase requieren armazones de acero de apoyo y están revestidas con refractario, el cual puede ser una pieza preformada o colada en el lugar. Debido a las condiciones extremas a las que se somete el refractario, debe ser resistente a choques térmicos, grietas y erosión.

Como se menciona, estas herramientas son útiles para la fundición de metales, ya que, con ello, se vierten, material fundido, teniendo como finalidad de estos cucharones, obtener cierta capacidad volumétrica, para formar moldes con cierto volumen de material en específico.

Para ello, se realiza este prototipo tomado a partir de un modelo real en físico, sin embargo, se procede con la toma de medidas correspondientes, para posteriormente pasarlo a un modelo 3D.

Basándose en el software, iniciando con un plano alzado, se agregan las medidas correspondientes, y de ello se agrega una línea constructiva por la mitad del plano empleado, esto con la

finalidad de emplear una nueva función que proporciona el software y de ello, crear de manera óptima el modelo.

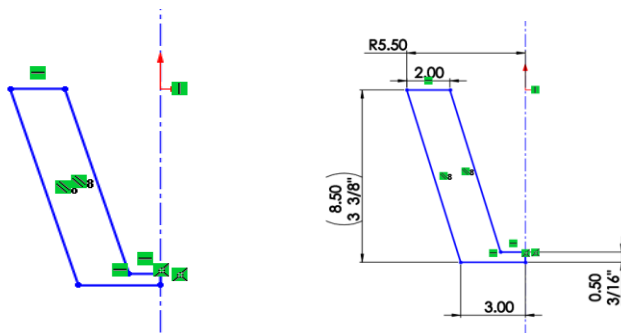


Figura 186 Trazado de croquis

Como se muestra en las imágenes anteriores, la función es (Revolución de Saliente/Base) en donde como procedimiento para utilizar esta herramienta, es crear el croquis, pero únicamente para medio plano, ya que, con esta función a partir de la línea constructiva, añadirá de manera automática una geometría completa, creando así una revolución de 360°.

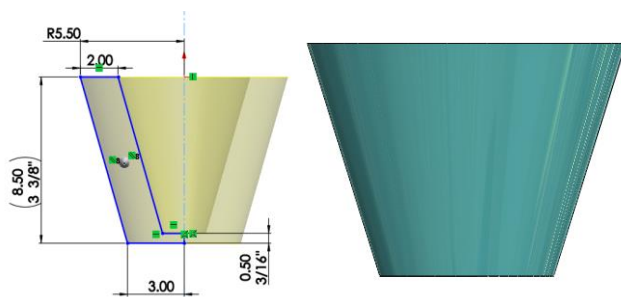


Figura 187 Formación de la Revolución Saliente/Base

Con el modelo creado se procede a realizar un redondeo en la base inferior externo, solo con seleccionar la arista y agregar la medida del radio, de manera automática se establece el redondeo.



Figura 188 Creación de redondeo en la base del cucharón

De igual forma, se realiza el redondeo para la parte interna inferior del cucharón.

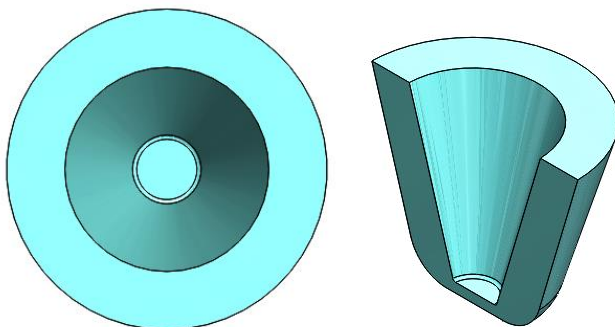


Figura 189 Redondeo interno en vista superior y de corte

Por consecuente, se realiza un croquis en la parte frontal, esto con la finalidad de crear el vástago o sostén del cucharón, mismo que está hecho del mismo material. Y de ello generar una extrusión saliente/base para añadir el material, por lo qué, tendrá un orificio en la parte media, con el propósito de colocar un bastón de aluminio o acero inoxidable, para poder manipular el cucharón de muestreo a una distancia considerable.

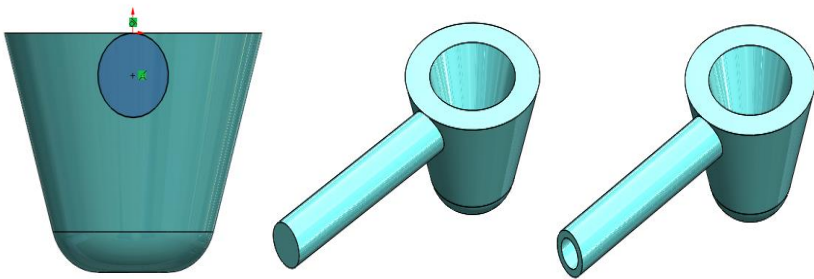


Figura 190 Formación del Vástago del cucharón

En las laterales se agregan unos ligeros cortes, en forma de parábola; misma abertura funciona como salida del metal fundido al momento de realizar el vaciado.

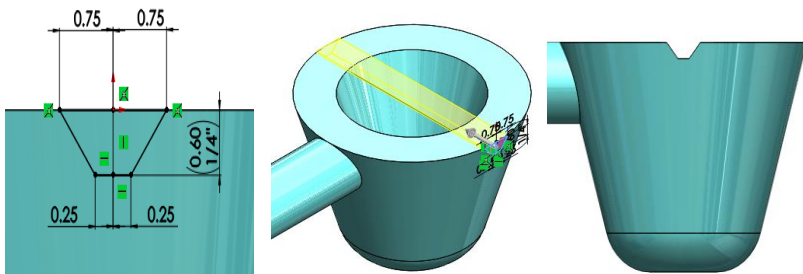


Figura 191 Alineación de cortes

Para la planicie de los cortes realizados en ambos extremos, se realiza en ambas aristas unos ligeros redondeos, y así obtener una superficie curva.

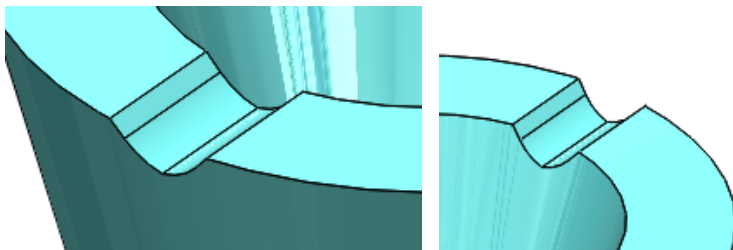


Figura 192 Visualización de cortes laterales realizados

Como resultado se obtiene el cucharón de muestreo en modelo 3D,



Figura 193 Cucharón de Muestreo

Como elemento adicional, se realiza el bastón de aluminio que sostendrá el cucharón de muestreo, mismo que va acoplado en el orificio del vástago. Con dicho componente, se tendrá la facilidad de manipular a una distancia, para utilizar la cuchara según el proceso que se realice.

Para ello, se realiza el modelado 3D del bastón de acero inoxidable, ya que dicho elemento es hueco por dentro. Sin

embargo, se realiza la geometría de dos cilindros en el plano correspondiente, dándoles una extrusión saliente/base correspondiente a las medidas del modelo en físico.



Figura 194 Elaboración de Bastón de Acero inoxidable

Regresando al modelo del cucharón, se procede con representar en 3D el material que contendrá la cuchara, para este caso, se contempla aluminio fundido, y de ello, determinar la capacidad volumétrica del material que estará presente en el molde. Para ello, se realiza el modelo dentro del prototipo, esto con la finalidad de obtener una geometría totalmente definida, y no tener detecciones de diferencias en el momento de realizar el ensamblaje.

Volviendo a retomar la función de revolución de saliente/base, se realiza la formación de croquis únicamente para medio plano, ya que con la línea constructiva que parte por la mitad del plano, será de referencia para poder realizar la revolución a 360° dando como resultado una única pieza en sólido.

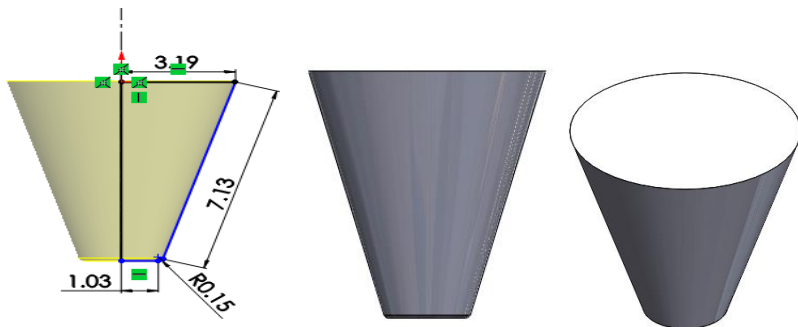


Figura 195 Formación del sólido que representa aluminio fundido

Teniendo los tres componentes, se procede con el ensamblaje, dándoles una relación de posición sobre las partes cilíndricas, tanto del bastón como del cucharón, el sólido del aluminio y así obtener un geometría fija, teniendo como resultado un ensamblaje completamente definido.

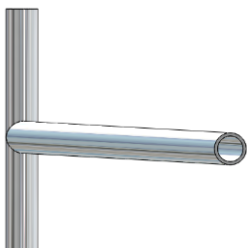


Figura 196 Bastón

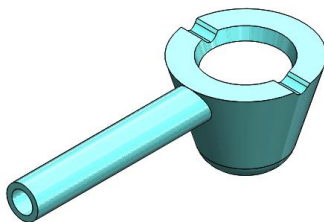


Figura 197 Ensamblaje de cucharón y bastón

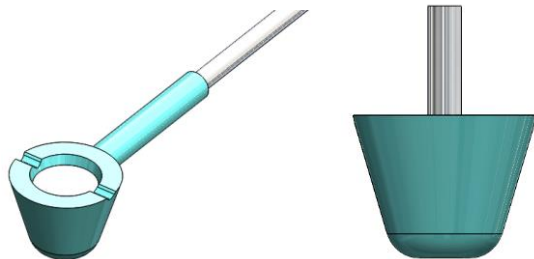


Figura 198 Ensamblaje de Cucharon de muestreo en vista isométrica y frontal

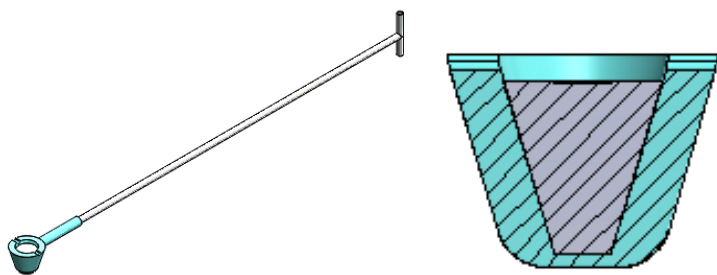


Figura 199 Modelo Completo

Figura 200 Vista de Corte Frontal que visualiza el material interno

Para la capacidad volumétrica que ocupará el cucharón con aluminio fundido serán los siguientes datos; destacando que el aluminio no llega hasta la superficie del cucharón, sólo llega a un cm debajo de los cortes realizados en las laterales.

MATERIAL	VOLÚMEN (m^3)	DENSIDAD Kg/m^3	MASA (KG)
ALUMINIO	0.00010968	2700	0.296136

Tabla 6 Datos Volumétricos

18.13 ANCLA REFRACTARIA

Un ancla refractaria, es un componente utilizado en la construcción de hornos, calderas, y otras estructuras que requieren revestimientos refractarios. Estos anclajes están diseñados para asegurar y mantener en su lugar los materiales refractarios que recubren el interior de estas estructuras. Los materiales refractarios son aquellos que pueden soportar altas temperaturas sin degradarse, como ladrillos y concretos refractarios.

Las anclas refractarias son esenciales porque:

- **Previenen el Desprendimiento:** Ayudan a mantener los revestimientos refractarios adheridos a las paredes de la estructura, evitando que se desprendan debido a las altas temperaturas y las variaciones térmicas.
- **Distribuyen Esfuerzos:** Ayudan a distribuir las tensiones térmicas y mecánicas uniformemente a través del revestimiento, reduciendo el riesgo de grietas y daños.

Son utilizadas para sujetar el concreto refractario en piso, paredes y bóveda; de acuerdo con el rango de operación es su selección, así como el espesor de concreto refractario a usar para sacar su altura. También, se usan en acero inoxidable, Inconel y anclas refractarias que van desde 42 hasta 85% de alúmina.



Figura 201 Ejemplos de anclas cerámicas

Teniendo el concepto sobre el ancla cerámica o refractaria, se realiza el diseño en un modelo 3D, tomando en consideración que estos pueden emplearse de una medida estándar, o se pueden realizar a una dimensión personalizada, acorde al contexto en el que se utilice. Sin embargo, como descripción del prototipo, es que el modelo, es de una dimensión de altura de 19 pulgadas, por lo que, se considera un herraje interno de acero, en general, los diseños deben hacerse a la medida, con precisión milimétrica para asegurar el mejor agarre y que el material de fabricación sea compatible con el tipo de material refractario, además de soportar altas temperaturas y ciertas condiciones de ambiente.

Para el diseño, se debe de contemplar la forma en la se colocan los bordes que sobresalen del cuerpo en general, ya que en algunos diseños están incorporados de manera unilateral, es decir, que de un lado los bordes quedan un poco abajo y del otro extremo queda más arriba, tal como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 202 Visualización previa de la ancla

En lo que se destaca en el diseño acorde al tipo de aplicación, es que puede haber fuga de metal fundido en las esquinas, debido a que los bordes no llegan a tener contacto entre sí, y además se encuentran de forma escalonada. Como se ha descrito anteriormente, estos pueden tener múltiples aplicaciones, ya que, a partir de un molde diseñado, se pueden formar estas anclas, con un vaciado de un material refractario especial, formándolo como una pieza especial.

Iniciando con un plano de planta, se realiza el croquis correspondiente de forma cuadricular, dando como efecto, un croquis completamente definido.

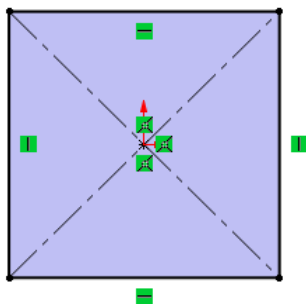


Figura 203 Trazado de la base

De manera automática se puede asignar el material con una extrusión saliente/base para obtener un prisma cuadrangular acorde a la medida establecida de altura.



Figura 204 Formación del Prisma

Para la elaboración de los bordes dentro de la misma pieza, se realiza el croquis, tomando en consideración los espacios que tendrá cada borde, y de ello generar una matriz lineal de croquis, con una equidistancia acorde al tamaño general del modelo.

Iniciando el croquis, dejando un espacio para la base, se realiza el croquis con el primer lateral.

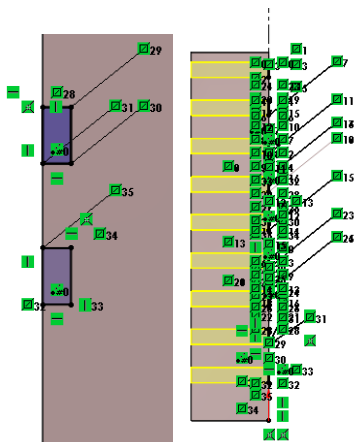


Figura 205 Formación de Croquis para formar los bordes correspondientes

Con dicha función de (matriz lineal de croquis) se puede generar de manera automática, siguiendo el eje seleccionado, y de ello generar el corte correspondiente para la primera cara del prisma.

Para no realizar las mismas operaciones para el otro extremo, a través de la función de (crear simetría de entidades) se pueden generar los croquis realizados, con las medidas correspondientes, recreando una línea constructiva que pase por la mitad del prisma en vista lateral, misma que funcionará como referencia para crear la equidistancia y los elementos con sus relaciones de geometría apropiados, y de ello, generar los cortes para ambos extremos, en una sola operación ejecutada.

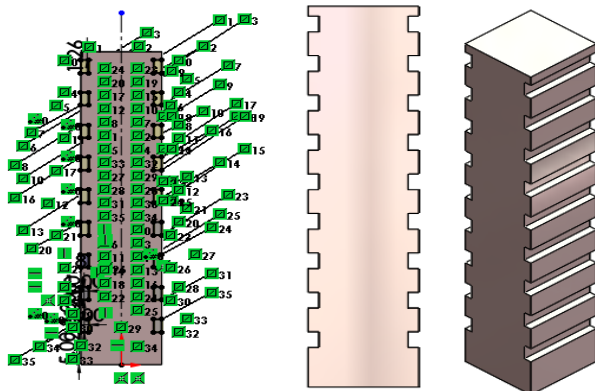


Figura 206 Matriz lineal y extrusión de corte para generar los bordes

Como siguiente paso, es proceder con la formación de croquis, pero ahora para las dos partes planas del prisma que quedan. Para no ser repetitivo descriptivamente, se siguen los mismos pasos que se efectuaron anteriormente. Los pasos representativos se muestran a continuación.

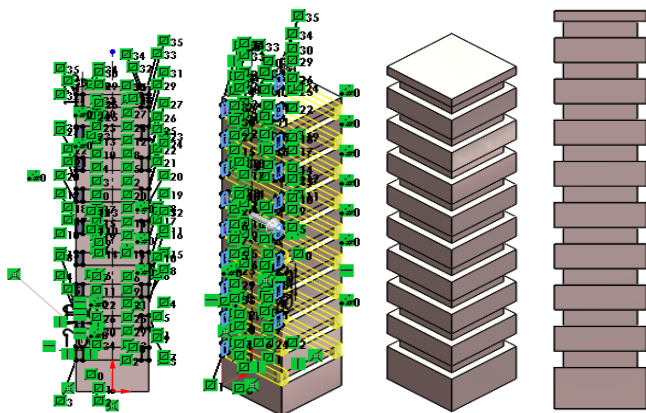


Figura 207 Matriz lineal lateral

Como siguiente elemento a realizar, que forma parte del ancla cerámica refractaria, es el herraje, cuya finalidad es conseguir un agarre más efectivo con el que se puede revirar alguna de sus partes con respecto al eje de simetría. El herraje interno ayuda a reforzar la estructura del anclaje, aumentando su resistencia y capacidad para soportar las cargas térmicas y mecánicas. Esto es crucial para mantener el revestimiento refractario en su lugar, especialmente en ambientes de alta temperatura.

El diseño del herraje interno puede incluir características que mejoran la adherencia del material refractario al anclaje. Esto asegura que el revestimiento refractario se mantenga firmemente unido al ancla y, por último, a la estructura del horno.

Dichos herrajes son de acero, en la cual, va montado en la parte interna del refractario, en cuanto a las medidas, solamente corresponde a dos tercios de la longitud total del ancla.

En la creación del prototipo en 3D, iniciando con una base hexagonal, se realiza el modelo, dado a que en la parte media contendrá un tubo que será corradial a las aristas del hexágono.

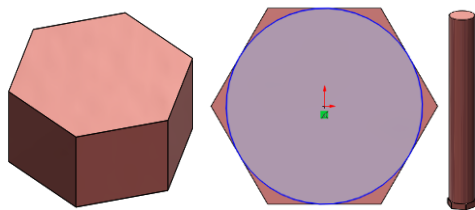


Figura 208 Formación de base y tubo del herraje

Uno de los errores comunes que se procrean por parte del diseñador, es crear la operación directamente en el cilindro, por lo que, al momento de generar la ejecución de alguna revolución, esta no queda definida completamente, puesto a que dicha operación puede quedar en una zona o punto que no corresponde con las medidas y las vistas establecidas. Para que este problema no se presente, se crea un plano en una vista estándar sobre la parte exterior del tubo.

Dándole saber al software, que cualquier operación que se realice, únicamente será en el plano establecido por lo que, en resumen, no lo hará en alguna otra parte del tubo. Este proceso será funcional para establecer como tipo varillas que sobresalen de forma escalonada por la parte exterior del tubo. Tal como se muestra en la siguiente imagen.

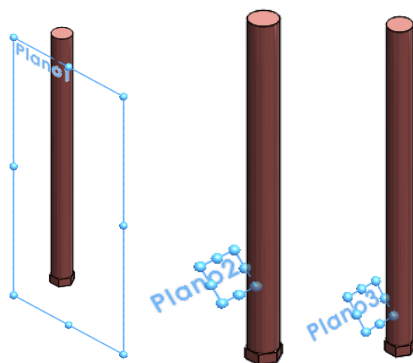


Figura 209 Creación de planos laterales

Una vez generado los planos correspondientes, se procede con la formación de los croquis; para el primer plano, tomando como referencia que la operación será realizada por la mitad del cilindro. De ello, se realizan las líneas adecuadas para generar un barrido sobre su eje. Dando como resultado (un par de líneas en paralelo y el eje que los une como una línea constructiva).

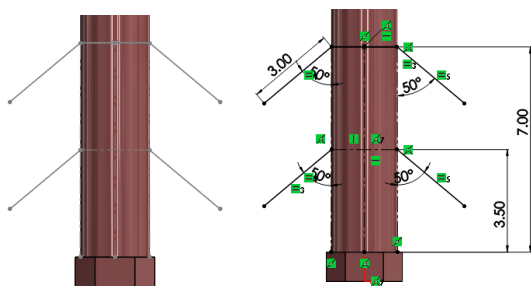


Figura 210 Trazado de herrajes

Para la parte de los puntos externos que inician en las líneas paralelas, con el plano correspondiente creado, se procede a generar una circunferencia, en donde el diámetro será el grosor que tendrá el barrido sobre el eje.

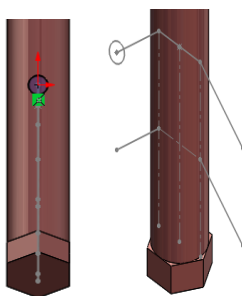


Figura 211 Determinación de grosor del herraje

Para generar el barrido de los ejes, con la función de (saliente/base barrido), se selecciona en el perfil, el croquis correspondiente a la circunferencia, tal como se muestra a continuación.

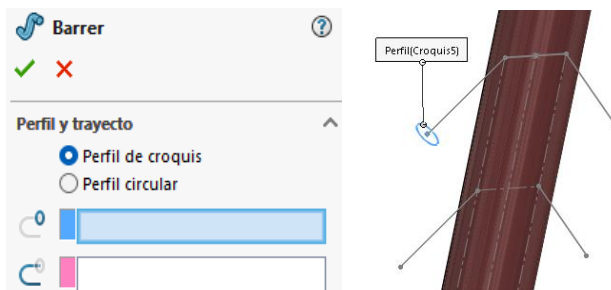


Figura 212 Función saliente/base Barrido

Una vez seleccionado el perfil de croquis, se procede con seleccionar el trayecto que tendrá el barrido, para ello, solo con seleccionar el eje y en automático se despliega una nueva ventana, en donde proporciona los detalles que tendrá el barrido. Para este caso, se selecciona la función de bucle abierto, esto con la finalidad de que el barrido solamente se cree y fusione para la parte externa del cilindro y no para la parte interna, ya que se están realizando todas las operaciones en una sola pieza.

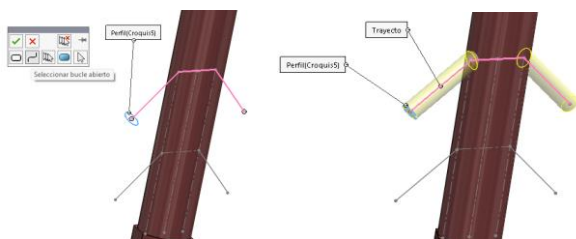


Figura 213 Generación del perfil y trayecto

Teniendo como resultado, un perfil y una trayectoria en bucle abierto.

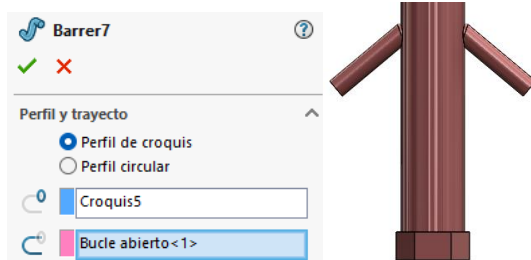


Figura 214 Representación de un Bucle Abierto

Mismo procedimiento se realiza ahora para los primeros ejes. Con los croquis creados, se procede en aplicar el barrido apropiado, siguiendo el procedimiento anterior.

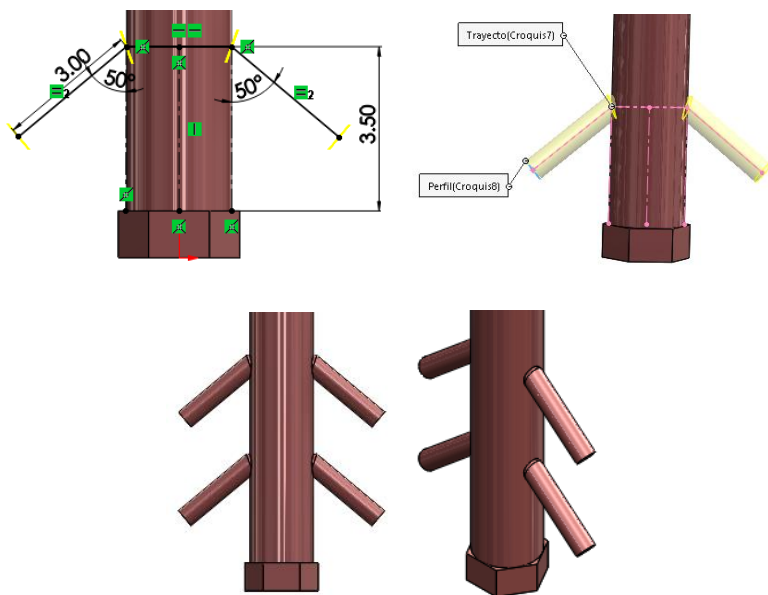


Figura 215 Modelado de los primeros ejes tipo Base del Herraje

Siguiendo con el patrón de la colocación de los barridos, como se visualiza en la imagen anterior, es que los ejes de los laterales están divisando para la parte inferior. Ahora se procede en realizar el mismo patrón de colocación para los siguientes laterales del cilindro, en este caso corresponde para la parte media si se visualizara la pieza como una vista estándar frontal. Colocando ahora los ejes en dirección para la parte superior del cilindro.

Continuando con el proceso, se realiza de la misma manera, siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente. Comenzando con la creación de los planos y los croquis correspondientes a cada eje, para poder aplicar el barrido apropiado.

A continuación, se muestran las imágenes representativas a cada proceso para el primer par de ejes.

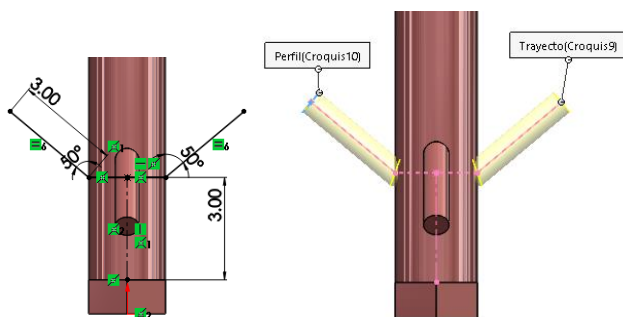


Figura 216 Perfil de ejes contrarios

A continuación, se muestran las imágenes representativas a cada proceso para el segundo par de ejes. Quedando como resultado dos pares de ejes para cada lateral de forma escalonada, en donde el primer par de un lateral inicia poco más abajo y el primer par del otro lateral (parte media del cilindro) inicia un poco más arriba.

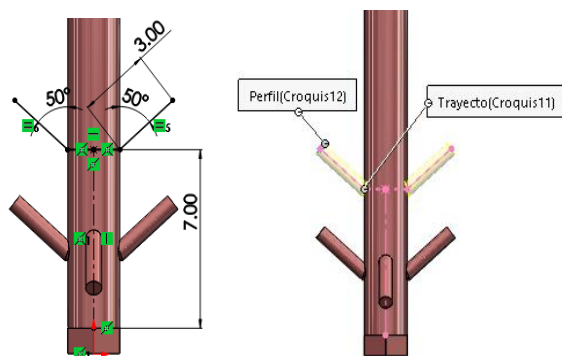


Figura 217 Representación del perfil y trayecto del herraje

Posteriormente, se obtiene como resultado dos pares de ejes para cada lateral, como base de inicio.

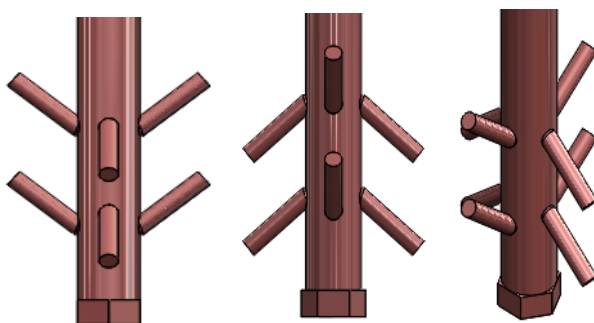


Figura 218 Modelado 3D del Herraje

Una vez generado lo descrito anteriormente, se procede a realizar una matriz lineal de los 4 pares de ejes base, con una dirección para la parte superior.

Para el proceso de esta función, se selecciona el cilindro, como referencia que apunta a la dirección 1 y de ello, generar la distancia de separación que tendrá cada eje con respecto a la dirección vertical, además de agregar el número de instancias totales, que cubrirían un total de 4 instancias por revolución.

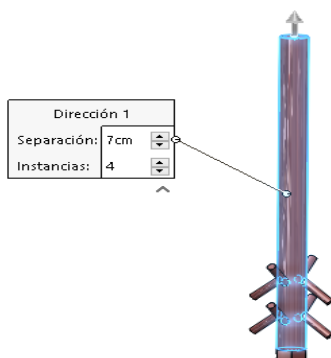


Figura 219 Matriz lineal

Por consiguiente, se seleccionan los cuatro barridos correspondientes a los 4 pares de ejes a los cuales se les va a generar la matriz lineal con sentido vertical hacia la parte superior.

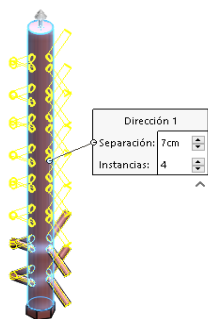


Figura 220 Separación e Instancias de los ejes

Una vez aceptado y definido completamente la operación de matriz lineal, el modelo correspondiente resulta de la siguiente manera.

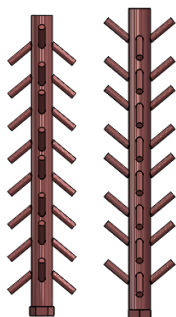


Figura 221 Modelo 3D del Herraje

Por último, en la parte media del cilindro, es una pieza vacío, por lo que, para ello, se realiza un corte que llega hasta la parte superior del hexágono, generando una circunferencia menor y de ahí extruir el corte adecuado.

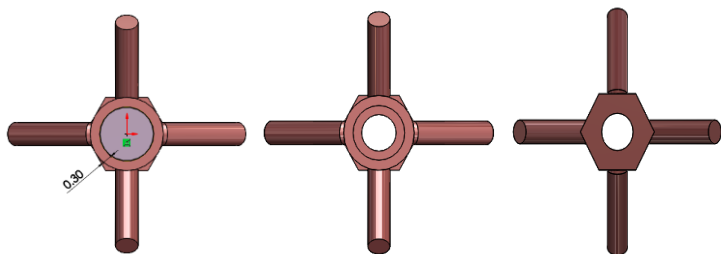


Figura 222 Asignación de Corte por la parte media del cilindro

Por otra parte, se realiza un segundo modelo de herraje, en donde ahora los ejes, no pasan por la mitad del cilindro, sino que ahora son ejes completos que pasan y están colocados únicamente en los laterales.

Teniendo la misma base hexagonal y el cilindro acorde a la medida apropiada, realizando el mismo procedimiento detallado anteriormente para el primer modelo; se realiza ahora el corte en la base, que únicamente llegará hasta colineal con la parte base el cilindro. Tal como se muestra a continuación.

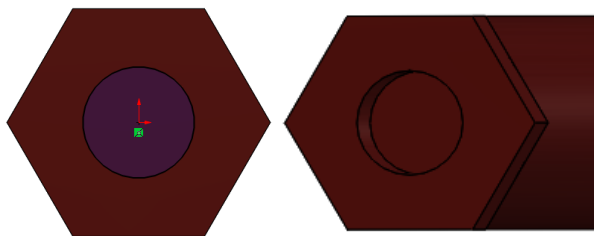


Figura 223 Base Hexagonal

Por consiguiente, ahora se genera el plano que pasará por el cilindro en una de las laterales, y de ello, generar el croquis para el primer eje en paralelo.

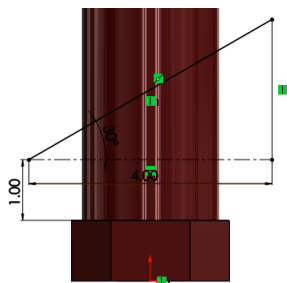


Figura 224 Trazado de eje

Como ahora los ejes van a ser paralelos directamente, se omite la función de (salir/base barrido) por lo que ahora, para generar el barrido, simplemente con realizar la operación de (extruir saliente/base); seleccionando el punto inicial del eje y de manera automática se crea el eje, sin necesidad de realizar un nuevo croquis y generar una nueva circunferencia.

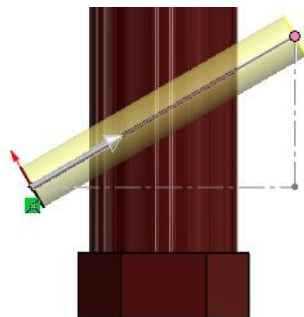
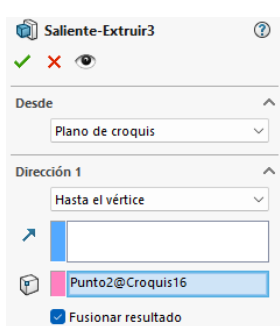


Figura 225 Formación del eje

De la misma forma se realiza para el siguiente lateral, generando el plano y el croquis apropiado, en los que se puede combinar ambas funciones en el modelo tanto en (extruir y barrer saliente/base)

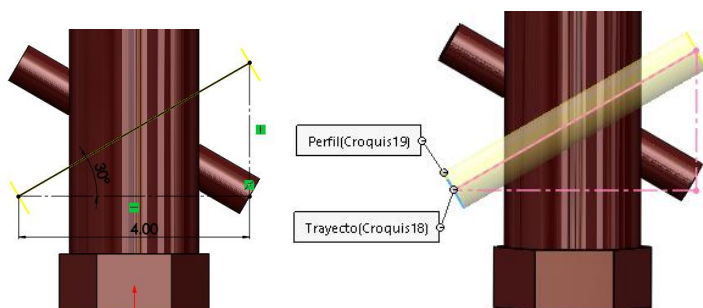


Figura 226 Asignación del Trayecto del eje

Aplicando ambas funciones se pueden crear los ejes tipo base que funcionarán como referencia para crear la matriz lineal. Dando como resultado únicamente 2 ejes paralelos, visualizados en una vista estándar frontal como en una posición delantera y trasera a lo largo de la dimensión del cilindro.

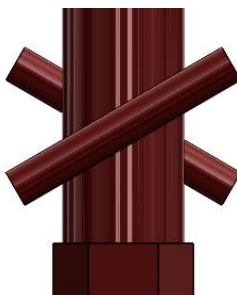


Figura 227 Formación de los primeros ejes tipo Base del herraje

Para generar la matriz lineal, se selecciona como dirección 1 la cara del cilindro que es en donde va a ir la colocación de los ejes realizados. Dentro de la misma función se agrega la medida de separación que van a tener los ejes, así como también el número de instancias a crear que corresponden a 10 elementos que tendrá el cilindro.

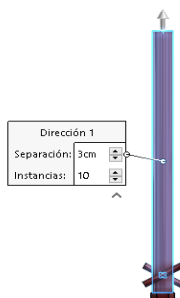


Figura 228 Matriz lineal de ejes

Posteriormente, se seleccionan la operaciones realizadas que corresponden únicamente a la operación de extruir y barrer. A diferencia del primer modelo, en cuanto a la base, es en el ahorro del número de ejes, ya que, en el anterior, se ocuparon 4 pares de ejes, fusionándose como 8 sólidos independientes; y para este modelo únicamente 2 ejes paralelos.

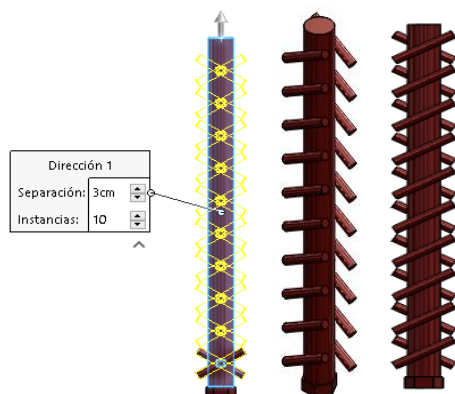


Figura 229 Separación e instancias de los ejes

En resumen, ambos modelos realizados son funcionales para acoplar en la parte interna de la ancla cerámica refractaria, la aplicación de este prototipo puede depender del tipo o modelo del ancla que se utilice.

Seguidamente teniendo el modelo del herraje y de la ancla, se realiza el ensamblaje de ambos modelos, en donde se agregan las relaciones de posición apropiados en la parte interna del ancla, asignando únicamente coincidencias en ambas bases y distancias centrales, para que el herraje quede exactamente en el centro del modelo general. Dando como resultado el siguiente modelo.

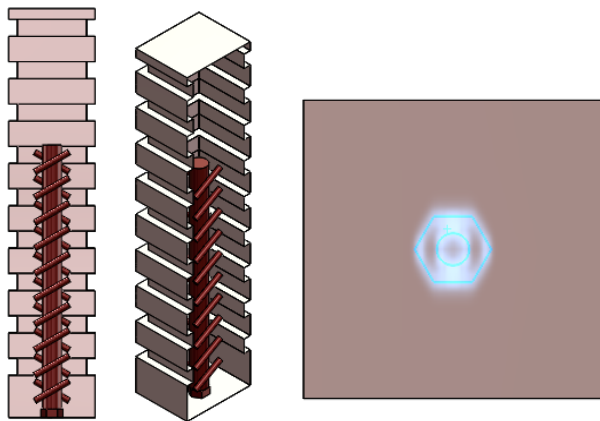


Figura 230 Ensamblaje de la ancla cerámica y el herraje

Destacando en el modelo que el herraje quedará totalmente cubierto por material refractario y como suposición o idea, es que este elemento será agregado en el momento en el que realicen el vaciado al molde correspondiente como si fuese en contexto coloquial como el colado de un castillo (la estructura queda ahogada por el cemento monolítico).

18.14 HORNO DE TUBO GRADIENTE

Como se ha mencionado en el transcurso de este reporte en la parte teórica, la aplicación y variedad de hornos es muy extensa. Deduciendo que se pueden encontrar en diversos sectores de la industria, diseñados para realizar procesos térmicos esenciales para la fabricación y tratamiento de materiales.

La elección del tipo de horno depende del material a procesar, la temperatura requerida, y las características específicas del proceso industrial. Sin embargo, también hay hornos de baja dimensión que por su tamaño son aún más comerciales, tales como un horno de tubo gradiente, o inclusive otros prototipos o modelos que funcionan bajo un accionamiento eléctrico, tales como los hornos de resistencia; que generan calor mediante resistencias eléctricas, además son versátiles y se utilizan en procesos como la sinterización de cerámicas y el tratamiento térmico de metales. Otro ejemplo que podemos encontrar es el horno de Arco Eléctrico, estos emplean un arco eléctrico entre electrodos para fundir materiales, especialmente en la producción de acero y otros metales.

Por lo general, estos tipos de hornos se utilizan en laboratorios tanto escolares como de primer nivel:

- Investigación en Ciencia de Materiales: Basados en el estudio de propiedades de materiales como superconductores, semiconductores y aleaciones.

- Química: Investigación de reacciones catalíticas y síntesis de compuestos químicos.
- Física: Estudio de fenómenos de transporte térmico y conductividad térmica en sólidos.

Un horno de tubo de gradiente es un tipo de horno especializado utilizado principalmente en laboratorios e investigaciones científicas para llevar a cabo procesos térmicos controlados con precisión. Este tipo de horno está diseñado para crear un gradiente de temperatura a lo largo de su longitud, lo que permite el estudio de materiales y reacciones bajo diferentes condiciones térmicas simultáneamente.

Como características generales:

- **Diseño:** Consiste en un tubo de material resistente al calor (generalmente cuarzo o cerámica) que se encuentra dentro de una cámara calefactora. La cámara está equipada con múltiples zonas de calentamiento controladas de manera independiente.
- **Control de Temperatura:** Cada zona de calentamiento puede ser ajustada a diferentes temperaturas, permitiendo la creación de un gradiente térmico continuo a lo largo del tubo. Los controladores de temperatura precisos aseguran que las condiciones térmicas sean estables y reproducibles.

Algunas de las aplicaciones generales:

- **Síntesis de Materiales:** Ideal para la síntesis de nuevos materiales, permitiendo el estudio de cómo diferentes temperaturas afectan las propiedades y estructuras de los materiales.
- **Reacciones Químicas:** Útil en la investigación de reacciones químicas donde la temperatura es un factor crítico, permitiendo observar cómo las reacciones progresan a diferentes temperaturas.
- **Pruebas de Estabilidad Térmica:** Evaluar la estabilidad de materiales y compuestos a lo largo de un rango de temperaturas.
- **Estudios de Difusión:** Investigar la difusión de gases o líquidos en sólidos bajo diferentes condiciones térmicas.

Los hornos tubulares están diseñados para contener un tubo o recipiente de trabajo, en el que se pueden colocar las muestras y luego calentarlas. Los elementos calefactores se colocan alrededor del tubo de trabajo para optimizar la distribución de la temperatura.

El diseño de un horno tubular de gradiente implica una serie de pasos meticulosos que aseguran la creación de un equipo eficiente y preciso para aplicaciones de investigación y desarrollo. El proceso comienza con la determinación de la longitud del tubo y avanza hacia otros aspectos cruciales del diseño.

Para la determinación de la longitud del tubo dependerá de la aplicación real, para ello, se toman en consideración algunas generalidades, partiendo en el diseño desde lo interior (tubo) hasta el exterior).

- **Propósito del Horno:** La longitud del tubo se determina en función del tipo de experimentos que se realizarán y el rango de temperaturas necesario.
- **Material del Tubo:** Selección de materiales como cuarzo o cerámica, que resisten altas temperaturas y tienen buena conductividad térmica.
- **Dimensiones del Tubo:** Se considera el diámetro y el grosor del tubo, asegurando suficiente espacio para las muestras y una distribución uniforme del calor.

Iniciando con el diseño del tubo, basándose en un modelo comercial acorde a sus especificaciones técnicas, se realiza el modelo acotando las medidas correspondientes, en donde se contempla el diámetro en interior y el exterior que proporciona el grosor del tipo de material.

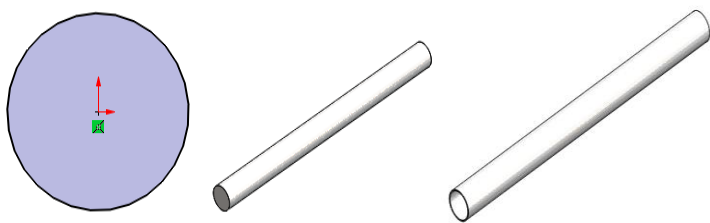


Figura 231 Formación del Tubo de Cuarzo

Como se ha señalado anteriormente, el diseño comienza desde la parte externa y recorre hasta la parte interna teniendo como resultado un modelo totalmente completo. Por lo que se inicia desde el diámetro que se tenga del tubo, sin embargo, un concepto a considerar en el diseño es la medida de la carcasa que tendrá el horno, para a partir de ello, también determinar el grosor de los aislantes, así como de piezas especiales que llegue a contener.

Contemplando la medida de la carcasa metálica, se realiza el modelo, con una geometría cuadrangular, en donde para obtener un croquis completamente definido, se realiza el sólido de forma normal, con las medidas de altura, ancho y largo.

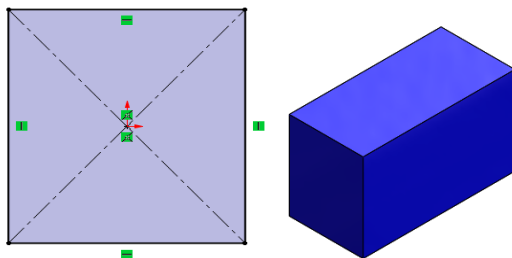


Figura 232 Croquis de la carcasa metálica

Obteniendo el sólido, se realiza el corte que pasará por toda la pieza, esto con la finalidad de obtener el grosor correspondiente de la carcasa, y conseguir un modelo completamente definido.

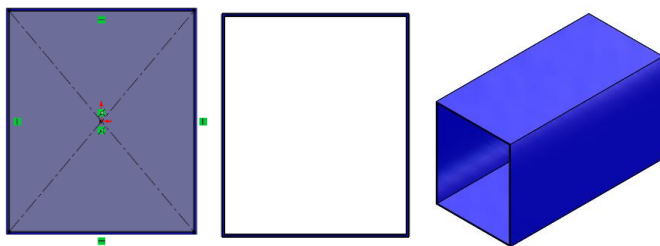


Figura 233 Carcasa Metálica

A continuación, se realiza el prototipo para el primer aislante, por lo que, para demostración sobre medidas, se contempla que los modelos serán realizados como sólidos completos, es decir, para llegar al último aislante que sostendrá y será la base del tubo, se requiere saber cuánto de espacio sobra al momento de haber colocado todos los aislantes y haber colocado justo en el centro el tubo de cuarzo.

Idénticamente siguiendo los pasos de cómo se realizó la carcasa, se procede con el modelo del primer aislante correspondiente con $\frac{1}{4}$ de pulgada de grosor, que corresponde a un papel cerámico. Para lo cual, se crea el croquis, contemplando las medidas que ahora se tendría en el interior de la carcasa, a partir de ello, generar el sólido, efectuar sobre la cara frontal un nuevo croquis, dejando un espacio de $\frac{1}{4}$ de pulgada entre las aristas y generar el corte por toda la pieza para obtener el modelo completamente definido.

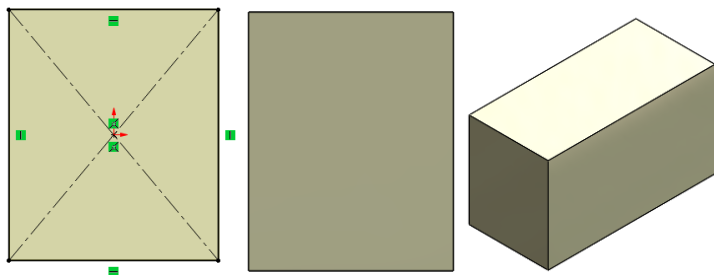


Figura 234 Primer aislante

Teniendo el modelo, se realiza el croquis en la parte frontal, que corresponderá con el grosor del primer aislante. Y de ello, obtener el modelo completamente definido para el primer aislante.

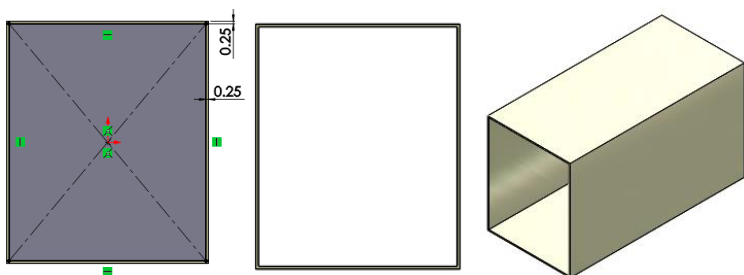


Figura 235 Primer Aislante con corte realizado

Para el segundo aislante, se construye a partir del espacio sobrante que queda en la parte de adentro con respecto al primer aislante (largo, ancho y altura), a partir de ello, se considera que este material tendrá un volumen de espesor de 2 pulgadas. Siguiendo con las medidas correspondientes, se realiza el croquis en un plano de vista alzada, para generar el sólido a partir de una vista frontal, de igual manera, se dimensiona un nuevo bosquejo

en la parte frontal del sólido, con la finalidad de obtener el grosor, agregándole las relaciones en las aristas del cuadrado croquizado con respecto al primer sólido realizado.

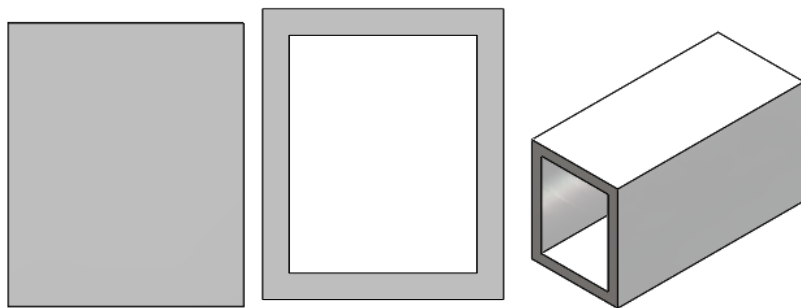


Figura 236 Modelado del segundo aislante

Por consiguiente, se realiza el tercer aislante, teniendo como semejanzas con respecto al modelo anterior, es que son aislantes de tipo tabla. Ya que en ambos se tendrá la misma dimensión de grosor de aislante, por lo que, como modelo, este queda aún más reducido, ya que la superficie se considera a partir del espacio sobrante que hay en el interior con respecto al segundo aislante.

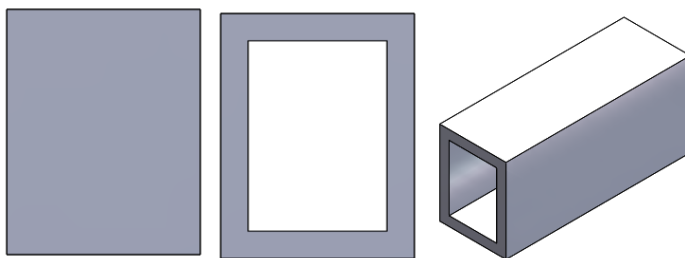


Figura 237 Modelado del Tercer Aislante

Obteniendo el modelo de la carcasa y de las tres primeras capas de aislante, se procede con la realización del ensamblaje de estos elementos, esto con la finalidad de revisar el espacio que sobra en la parte interna del ensamblaje en general.

Basándonos en el módulo de ensamblaje, se procede con dicha elaboración, tomando como referencia el primer elemento como una pieza fija, que en este caso sería la carcasa, y de ahí agregar la segunda pieza, que correspondería con el papel cerámico, como un elemento flotante, con el propósito de agregar las relaciones de posición apropiadas en la parte interna, para generar un ensamblaje completamente definido.

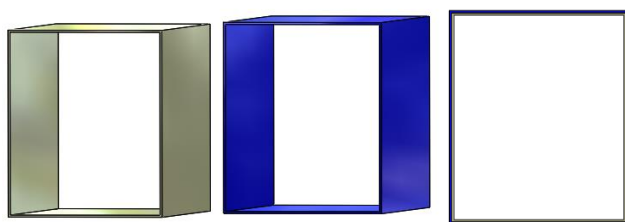


Figura 238 Ensamblaje de la carcasa y el primer aislante

Por consiguiente, se agrega el segundo y tercer aislante que corresponden a una tabla cerámica. Agregando ahora las relaciones de posición con respecto a las caras internas del papel cerámico y las caras externas del segundo aislante.

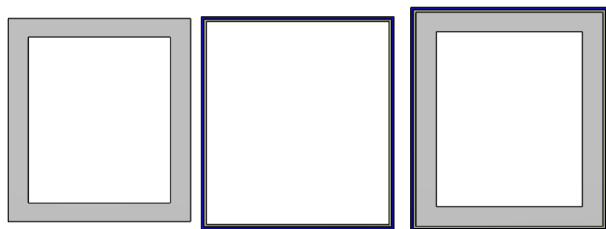


Figura 239 Ensamblaje del segundo aislante

Por último, se anexa el tercer aislante, agregando las relaciones de posición con respecto a las caras internas del segundo aislante y las caras externas del tercer aislante.

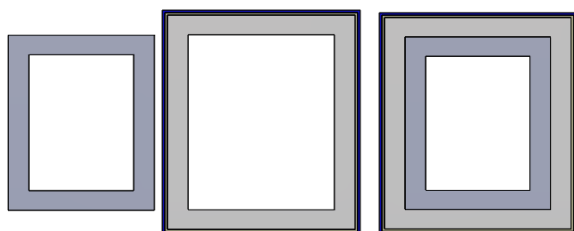


Figura 240 Ensamblaje del tercer aislante

Teniendo el ensamblaje completamente definido de los tres aislantes, se procede en añadir el tubo de cuarzo, mismo que la ubicación de este elemento, será justamente en medio del espacio sobrante en la parte interna, contemplando el espacio entre los laterales (ancho) y el espacio entre la altura, con respecto al punto medio del diámetro de la circunferencia del tubo. Con la finalidad de obtener las relaciones de posición completas para que el tubo quede totalmente fijo y permanezca justo en el centro del ensamblaje.

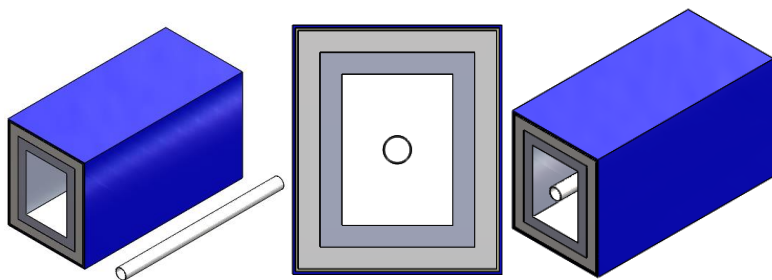


Figura 241 Ensamblaje del tubo de cuarzo

Como se puede visualizar en las imágenes anteriores, con el modelo contemplado, con los elementos correspondientes, se deduce a que se realiza de esta manera (con aislantes que cubren las 4 paredes de la carcasa en una sola pieza) esto con la finalidad de contemplar el espacio que sobra en el interior con el tubo puesto, para que se pueda realizar una nueva geometría, creando una pieza especial que tendrá como propósito sostener el tubo, tanto como para la parte inferior, como la parte superior.

Sin embargo, después de haber obtenido el modelo de las piezas especiales con las proporciones apropiadas, se procede con partir los aislantes y la carcasa por la mitad de la altura, ya que tendrá como función abrir la parte superior a un ángulo de 90° , no sin antes, determinar los detalles que tendrán las piezas especiales, tales como el grosor de las pestañas salientes, y la forma de la resistencia que tendrá con ello en la parte externa de la circunferencia sólida interna.

Con tal efecto, para crear la pieza especial, contemplando el ensamblaje como se encuentra, se realiza un nuevo cilindro que tendrá como finalidad, proporcionar un espacio extra al exterior del tubo de cuarzo, por lo que también, funcionará como referencia para crear las pestañas que tendrán las piezas especiales.

Para ello, se crea este cilindro, teniendo como característica que en la parte de en medio será hueco, con una dimensión del diámetro interno de la circunferencia igual a la del tubo de cuarzo, en consecuente, se agrega al ensamblaje, añadiendo sus relaciones de posición con respecto al tubo de cuarzo.

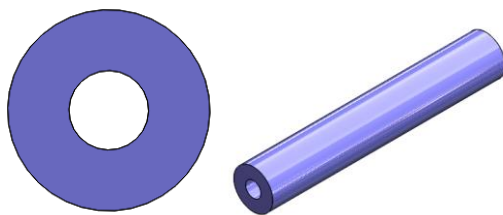


Figura 242 Cilindro Exterior

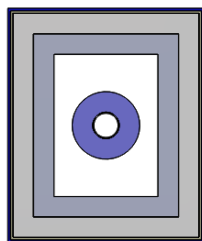


Figura 243 Ensamblaje Preliminar

Como se ha mencionado anteriormente, con respecto a la imagen previa, en el espacio sobrante en blanco, se considera la elaboración de dos piezas especiales, sin embargo, ambos elementos serán de la misma dimensión, mismo que cada uno llegará hasta la mitad del cilindro externo, por lo que, dicho cilindro solo es tomado de referencia, mismo que se omitirá una vez que estén realizados las piezas especiales.

De forma consecutiva, se realiza la base que tendrá el tubo, misma pieza que entrará en contacto directo con el tubo de cuarzo, además de que este estará hecho de un material aislante.

Para la formación de las piezas especiales, estando dentro del módulo de ensamblaje, se crea un nuevo plano en vista alzada en la parte frontal de modelo, creando un nuevo croquis, se realiza el trazado que tendrá la pieza, que en este caso corresponderá primero para la parte inferior, agregando relaciones de posición, con la finalidad de obtener un croquis completamente definido, realizándolo únicamente a la mitad de la altura del espacio sobrante.

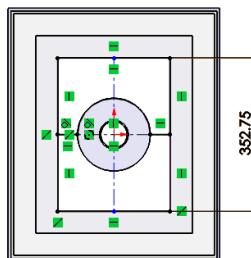


Figura 244 Formación del croquis para la pieza especial

Tendiendo el croquis completamente definido, se procede con seleccionar y copiar cada identidad realizar, esto con la finalidad de pasar el croquis con el trazo correspondiente a un nuevo dibujo para pegar la identidades y poder generar el volumen solido de la pieza. Para ello, el punto central del croquis tiene que estar coincidente con el punto de origen del nuevo plano. Y de ello con la función de extruir/saliente base se agrega el material, seleccionando únicamente el contorno de la parte inferior, y así de manera automática se crea el sólido con la geometría correspondiente; tal y como se muestra a continuación.

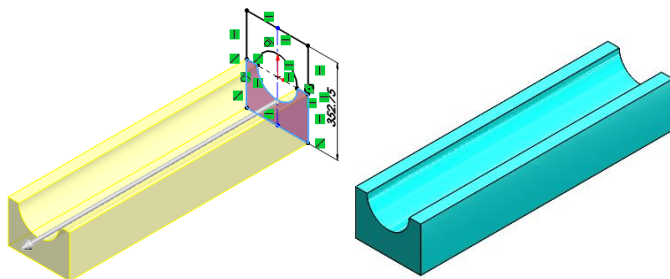


Figura 245 Extrusión de la pieza especial

Resumiendo, dicha pieza, la media circunferencia en la parte superior, corresponde a la parte media del cilindro externo que está ensamblado con el tubo de cuarzo.

Utilizando el mismo procedimiento de esta primera pieza se procede con la elaboración de la segunda pieza especial que corresponde al de la parte superior con respecto al espacio sobrante. Utilizando el mismo plano creado en el módulo de ensamblaje para la primera pieza, se agrega ahora el trazo para la parte superior, añadiendo las relaciones de posición adecuadas, y como resultado obtener un croquis completamente definido.

Una vez producido el croquis, se realiza el traslado del croquis trazado a un nuevo plano de dibujo, y de ello, realizar la coincidencia del croquis con respecto al punto de origen, por ende, generar el sólido apropiado con la opción de extruir/saliente base únicamente del contorno seleccionado del croquis de la parte superior.

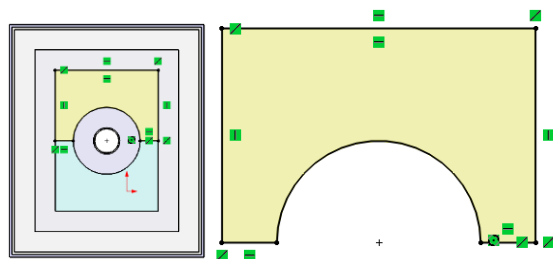


Figura 246 Formación del croquis para la pieza especial superior

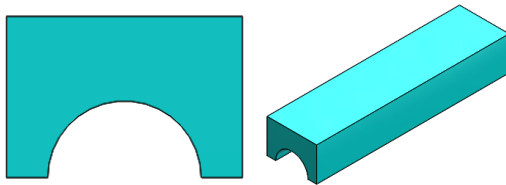


Figura 247 Modelo 3D de la pieza superior

Una vez obtenido ambas piezas especiales como piezas independientes, se procede con agregarlos al ensamblaje general, añadiendo las relaciones de posición correspondientes, para poder obtener un modelo completamente definido.

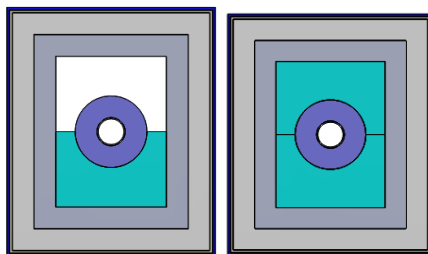


Figura 248 Ensamblaje de las piezas especiales preliminares

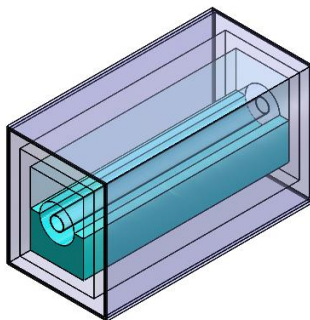


Figura 249 Visualización preliminar de la pieza especial en el modelo general

Como se mencionó anteriormente, el cilindro exterior solo es de referencia, mismo que hasta este punto se debe de omitir del ensamblaje preliminar. Por lo que ahora solamente se trabajará con el tubo de cuarzo. Tal como se muestra en la siguiente imagen.

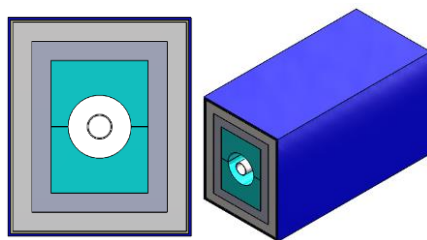


Figura 250 Modelo General sin el cilindro preliminar

Siguiendo con el complemento de la pieza especial, se realizan las pestañas que estarán fusionados con la pieza especial, por lo que cada pieza tendrá dos pestañas en los extremos y estos estarán en contacto con el tubo de cuarzo, mismo que tendrán como función de sostener el tubo (solamente aplicaría para la pieza especial de la parte inferior) ya que como el modelo original del horno se abrirá a un ángulo de 90° , la parte del tubo de cuarzo quedará puesta sobre la pieza inferior, mismo que no se levantará con la parte superior.

Las pestañas ocuparan la mitad de la circunferencia que corresponde al espacio sobrante que hay entre el tubo de cuarzo y la pieza especial. Cada pestaña tendrá una dimensión de grosor de 2 pulgadas. Para ello, basándose ahora en editar la pieza, comenzando por el de la parte inferior, con el plano del croquis que

ya se había realizado, se vuelve a utilizar, editando el modelo, ahora se agrega el trazo para la media circunferencia, para a partir de ello, generar el sólido con la herramienta de extruir/saliente base, únicamente para generar el grosor correspondiente; de igual forma se hace para el siguiente extremo, formando el modelo como se muestra a continuación de forma jerárquica.

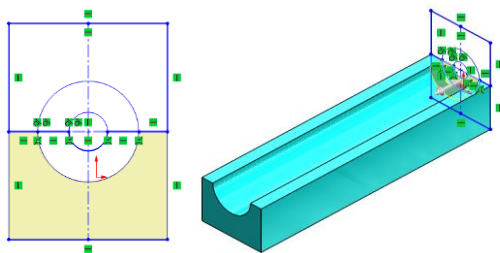


Figura 251 Creación de croquis para las pestañas de la pieza especial

Para que las pestañas queden totalmente unidas al modelo y no se cree como un elemento independiente, únicamente en el momento de realizar la extrusión saliente base, se fusionan los resultados, para que este elemento pertenezca o forme parte del modelo general. Únicamente activando la opción correspondiente, de forma automática se genera el modelo con el elemento apropiado.

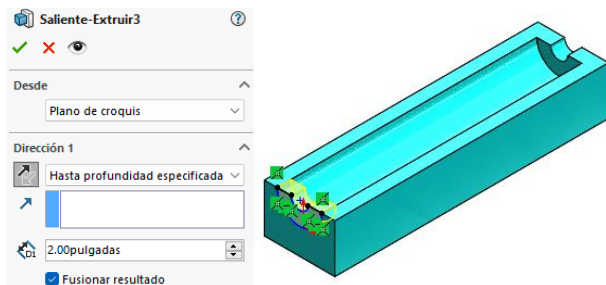


Figura 252 Unión de sólidos

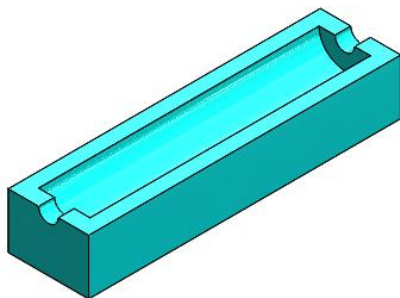


Figura 253 Modelado 3D de la pieza especial

Como se visualiza la imagen, se obtienen las pestañas en ambos extremos, cabe destacar, que por el momento hasta en este punto, el modelo es únicamente de referencia de forma prevista, ya que en dimensión de la pieza abarca completamente la longitud el horno. Por lo que no sería como tal un modelo viable, porque no tendría soporte para la parte media del modelo, y puede ocasionar quizá alguna rotura en el tubo o llegar a deformarse, ya que únicamente se tendría soporte en los extremos. Sin embargo, para evitar estos inconvenientes, se realizan ahora tres piezas especiales para cada parte (superior e inferior), obteniendo un total

de 6 piezas especiales en el horno general. Así como se obtuvo el modelo de muestra, se realizan las 6 piezas especiales, deduciendo ahora el tamaño en 3 partes iguales, contemplando las pestañas en ambos extremos con un grosor de 2 pulgadas.

Por consiguiente, dividiendo la longitud en tres partes iguales, se modifica ahora la opción de extruir/saliente base, por la cantidad que resulta. Para ello, se pueden deducir los tiempos de diseño, ya que, con el modelo obtenido anteriormente, se puede crear una copia de la pieza y en el modelo de réplica, se pueden realizar los cambios de longitud correspondientes, sin necesidad de estar realizando un nuevo modelo.

Una vez realizado la copia del archivo, se realizan los cambios apropiados, modificando ahora la longitud de la pieza, dejando ambas pestañas en los extremos, con su respectiva medida de grosor.

El resultado obtenido del modelo es el siguiente:

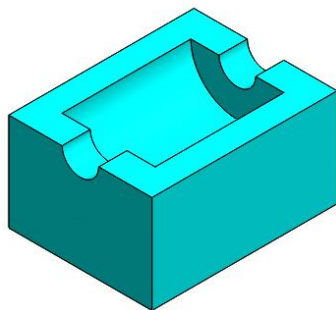


Figura 254 Reducción de la pieza especial inferior

Una vez obtenido el modelo, se pueden realizar copias del mismo archivo en general, o simplemente utilizar el mismo modelo para las siguientes dos partes faltantes que corresponden para la parte inferior del horno.

De igual forma, el procedimiento que se hizo para la piezas especiales de la parte inferior (reducir la longitud), también se hace lo mismo para la parte superior, contemplando que estas piezas van con las pestañas de los extremos hacia abajo.

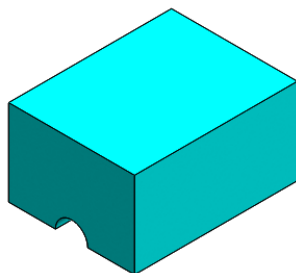


Figura 255 Reducción de la pieza especial superior

Para conseguir realmente la función que tendrá este tipo de horno, es que, a partir de resistencias eléctricas, calentará el tubo de cuarzo, mismo que va en la parte interna, sin embargo, dichas resistencias van montadas sobre las piezas especiales, en específico, en el espacio que sobra de la media circunferencia que hay entre las dos pestañas de los extremos.

A fin de realizar el modelo completo, se realiza el diseño de las resistencias, en cierta medida, se contempla que la forma de dicha

resistencia es en modo serpentín, es decir, de forma de espiral. Además de que debe tener una forma de curva, mismo que va a ir ensamblado en la parte cilíndrica de la pieza.

Otra consideración a contemplar es que se va a realizar el trazado de esta resistencia sobre la pieza, es decir, que la resistencia será ensamblada como un elemento independiente al modelo.

Comenzando con la realización del modelo dentro de la pieza, se crea un nuevo plano, con la finalidad de que el trazado del croquis se realice dentro de la cilindro interno de la pieza, para ello, sólo con seleccionar la cara interna de la pestaña que están en los extremos, y agregar un pequeño espacio, para que el plano no quede pegado a la pared, y pueda iniciar dejando una breve tolerancia, mismo que ese espacio servirá para colocar la curvas de la resistencia.

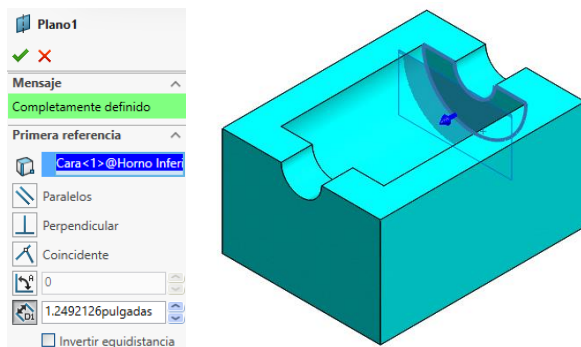


Figura 256 Creación de Plano Frontal

Una vez creado el nuevo plano, se procede con la realización del croquis, en donde a partir del punto de origen del plano, iniciarán las operaciones que se realicen a continuación.

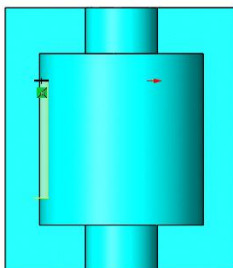


Figura 257 Vista Preliminar de la Resistencia Eléctrica

Para obtener una mejor visibilidad de las operaciones realizadas, se realiza una vista de corte, ya que esto ayudará a visualizar el croquis sobre la arista de la curva. Y puede regresar a su forma original únicamente desactivando la vista de sección.

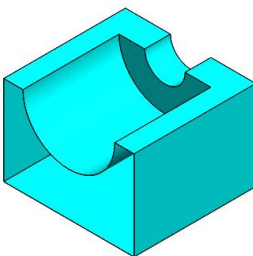


Figura 258 Vista Isométrica de Corte

En el trazado del croquis, se realiza un círculo, en donde el punto medio será coincidente con la vértice de la curva, definiendo un espacio entre la parte céntrica del círculo y la cara superior de la

pestaña. Con el croquis completamente definido se procede en agregar un saliente/base, el cual, llegará únicamente hasta el espacio que se dejó de tolerancia durante la creación del plano; recapitulando que el plano es simétrico para ambos extremos. Obteniendo así un pequeño tubo, que por la mitad se encuentra en la parte interior y la otra mitad por la parte exterior de la pieza.

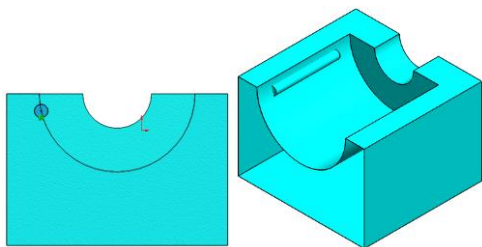


Figura 259 Creación del primer cilindro de la resistencia

Con el propósito de no llenar el árbol de operaciones repetidas en el software, se crea una matriz lineal circular del elemento realizado, en donde se contempla la uniformidad y simetría que tendrá cada uno. Con la opción de matriz lineal de croquis, se puede realizar de manera automática y viable el molde, simplemente con agregar algunos parámetros de referencia, en donde se considera:

- La separación con respecto al ángulo (en grados).
- El número de instancias o elementos.
- La dirección o trayectoria que seguirá la matriz.

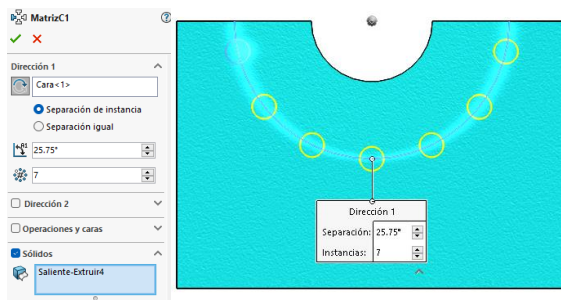


Figura 260 Matriz Circular del Cilindro

Con el fin de agregar las curvas de los cilindros realizados, se crean nuevos croquis que ahora irán sobre las caras planas, realizando nuevamente circunferencias concéntricas con el sólido; agregando un cuadrante en donde el punto medio será coincidente con el punto de origen del anillo, teniendo como finalidad, unir ambos puntos medios de las dos circunferencias, en donde dicho trazado corresponderá a la trayectoria que tendrá la curva que unirá ambos elementos sólidos.

Pero para poder realizar este procedimiento, se realiza primero un nuevo plano que pase por ambos puntos medios de los anillos realizados.

El plano útil que corresponde en ambos puntos pertenece a uno de vista alzada, tomándolo como tercera referencia, y así obtener un plano completamente definido, para conseguir el trazado de ambos puntos en forma de curva; tal y como se muestra a continuación:

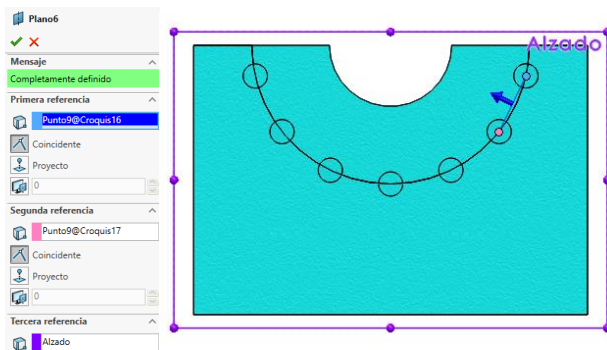


Figura 261 Creación de un nuevo plano

Con la finalidad de haber realizado el trazado en forma de curva con una sola línea, es porque, se puede utilizar la función de barrer, en la cual cubrirá ambos contornos con respecto a la forma curva proporcionada en el croquis.

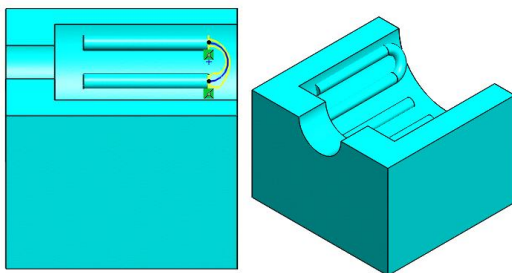


Figura 262 Función de Barrido para la Curva de la resistencia

Como se visualiza la imagen, la curva se considera para los primeros dos cilindros, es decir que, para el segundo y tercer cilindro, la curva irá en el otro extremo, así sucesivamente hasta terminar con el ultimo eje.

Siguiendo los pasos anteriores, se realiza un nuevo croquis para ambas caras planas de los ejes que corresponden al segundo y tercero, agregando el plano que pasará por ambos puntos medios de los anillos; además, del trazado curvo formar el barrido que cubrirá ambos contornos.

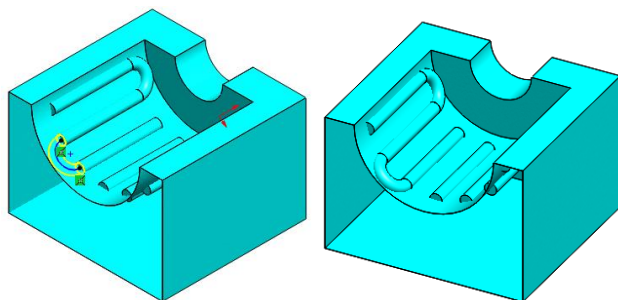


Figura 263 Formación de curvatura en el siguiente extremo

Como se han realizado las curvas para los primeros dos ejes en ambos extremos, se pueden formar dos nuevas matrices circulares para cada lado. En donde ahora se disminuye el número de instancias y se duplica el ángulo, esto con la finalidad de que los barridos realizados en sólidos queden completamente acoplados a cada cara del eje.

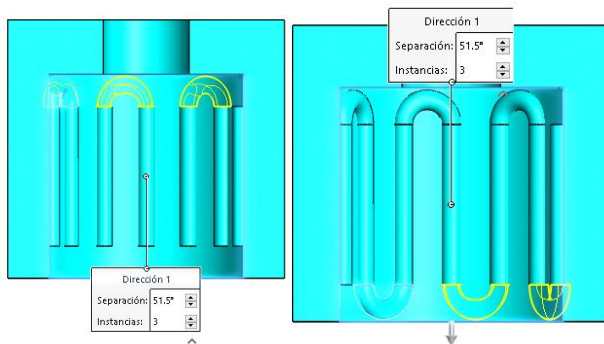


Figura 264 Matriz lineal de las curvas agregando separación e instancias

Como resultado, se obtiene el modelo con el prototipo de la resistencia, hecho por el momento con la misma pieza.

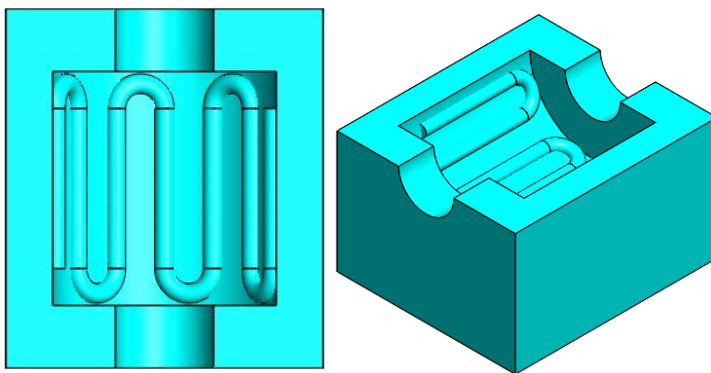


Figura 265 Modelo 3D de la pieza especial con la resistencia eléctrica en visualización preliminar

Como se ha descrito anteriormente, únicamente en la pieza se contempla realizar el trazado o ranurado en donde va a ir acoplado la resistencia, por la cual, en las imágenes anteriores se muestra que la resistencia ya está ensamblada, pero como modelo

preliminar dicho elemento surge de la misma pieza, por lo que no es como tal un modelo óptimo para considerar.

Sin embargo, para eliminar esa parte sólida de la resistencia y dejar únicamente el ranurado; se emplea una función llamada (Combinar Pieza) en donde se selecciona el modelo principal y se elimina el resto de los sólidos sobrantes, haciéndolo de forma automática y precisa. Tal como se muestra a continuación:

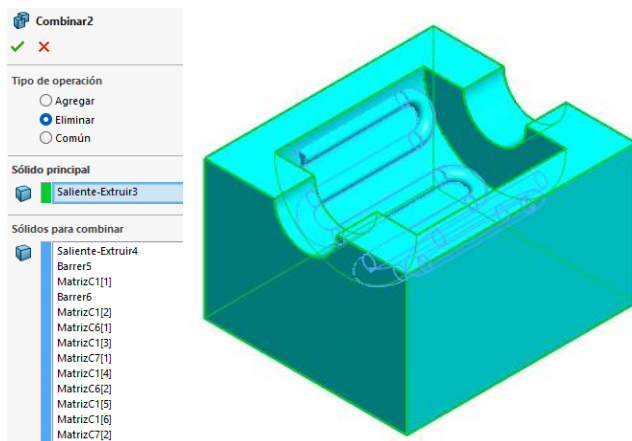


Figura 266 Función de Combinar Sólidos para formar el ranurado de la resistencia

Con dicha opción se puede eliminar los sólidos realizados que pertenecen al modelo de la resistencia, dejando únicamente el ranurado o trazado en la pieza especial.

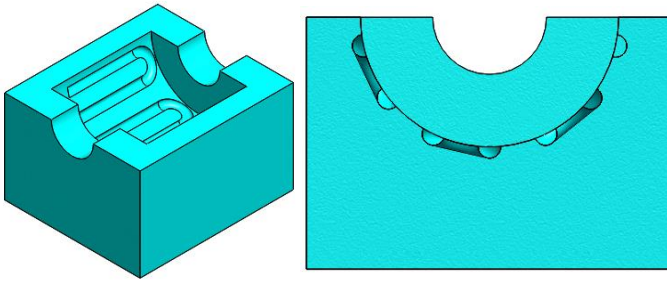


Figura 267 Representación del Ranurado de la Resistencia en la pieza especial

Como se obtuvo primero el modelo de la resistencia con la pieza, antes de eliminarlo de la pieza original, se puede volver a regresar al modelo, con la finalidad de obtener únicamente la resistencia y guardarlo exclusivamente como una pieza diferente. Para ello, teniendo el modelo tal como se encuentra y guardado el archivo, se procede a eliminar la operación proporcionada (combinar pieza) esto con la finalidad de emplear la nueva función.

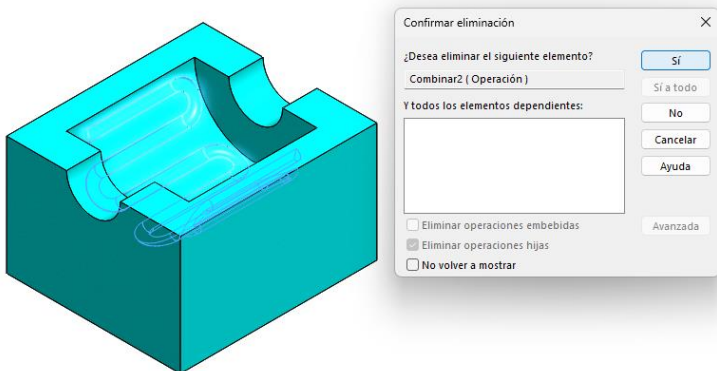


Figura 268 Eliminación del Ranurado

Una vez eliminado-dicha operación, se procede a utilizar la nueva función, llamada (Eliminar/Mantener Sólido), misma función que nos ayudará a obtener únicamente el modelo de la resistencia eléctrica.

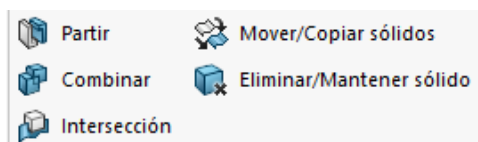


Figura 269 Función "Eliminar/Mantener Sólido"

Con dicha función, solamente se selecciona el sólido en general, y de forma automática se elimina la pieza, dejando únicamente la resistencia como una pieza independiente. Por consiguiente, guardar la pieza, obteniendo así dos modelos diferentes realizados a partir de un solo modelo.

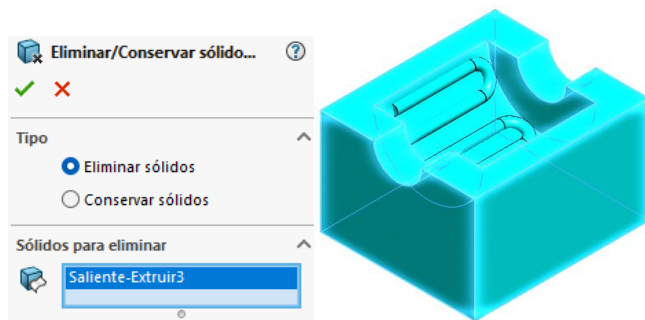


Figura 270 Selección del Sólido

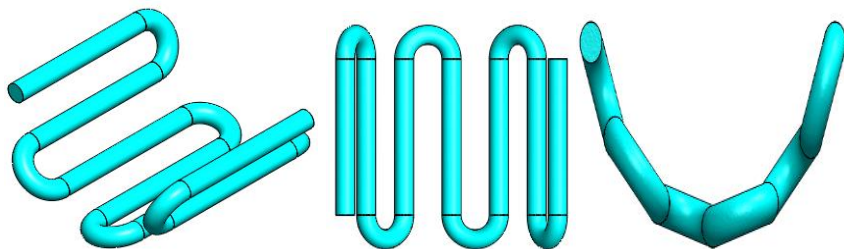


Figura 271 Resistencia Eléctrica en sus 3 Vistas Estándar

De la misma forma que se realizó para la pieza de la parte inferior, se efectúa también para la pieza de la parte superior, destacando que con una sola pieza se pueden utilizar las piezas necesarias para completar la parte inferior; recalcando que para cada segmento (inferior y superior) se utilizan 3 piezas, haciendo hincapié, que el modelo se redujo en partes iguales, para que se obtengan 6 modelos de piezas especiales totales en el horno.

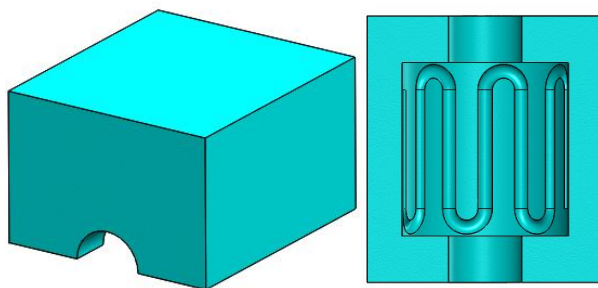


Figura 272 Pieza especial superior



Figura 273 Resistencia Eléctrica Superior en sus 3 vistas estándar

Como se mencionó anteriormente, el modelo del horno se realizó con los aislantes completos, cubriendo las cuatro caras internas de la carcasa, deduciendo que esto funcionó únicamente como referencia para obtener la posición del tubo de cuarzo y adquirir los espacios correspondientes para formar las piezas especiales.

A fin de obtener el modelo más completo a la realidad, se realizan los cortes adecuados de los aislantes y de la carcasa por la mitad, siguiendo la trayectoria media de la que separa la pieza especial de la parte superior e inferior, sin embargo, esto se hace con la finalidad de que el horno se abra la parte superior a un ángulo de 90° .

Retomando los primeros pasos para la formación de los aislantes, se vuelven a hacer los modelos únicamente a la mitad, para ello, se puede hacer un único modelo para cada aislante, en este caso para la parte inferior y de ello, volver a utilizar dicho elemento de pieza para la parte superior, ya que, con la geometría de medida utilizada se vuelven como piezas totalmente proporcionales.

Por lo que, obteniendo la medida del croquis realizado con los modelos completos, se procede con realizar un nuevo croquis en un plano de vista alzada, añadiendo el trazo en forma de (U) cuadrangular y, por ende, extruir la saliente/base, acorde a la longitud de largo.

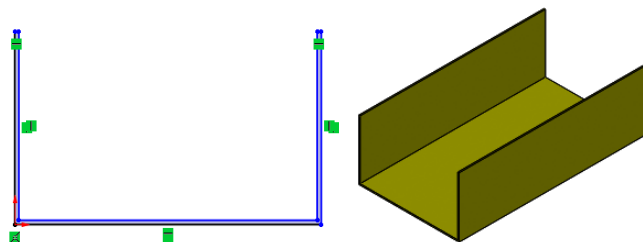


Figura 274 Corte del primer aislante

Siguiendo con el segundo aislante, se realiza el trazado en un nuevo croquis utilizando un plano de vista alzada, agregando la operación de extruir saliente/base para agregar el material sólido de manera automática. De misma forma se efectúa para el tercer aislante, dado a que corresponden del mismo material aislador.

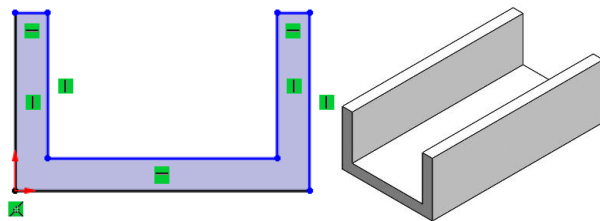


Figura 275 Corte preliminar del segundo aislante

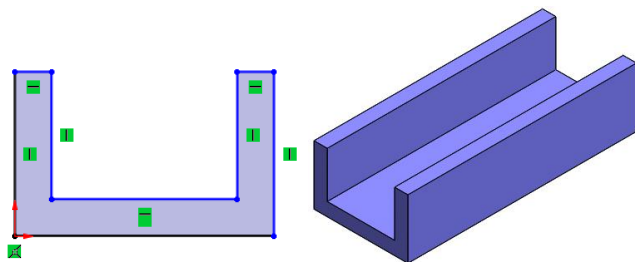


Figura 276 Corte Preliminar del Tercer Aislante

Después de los tres aislantes empleados de forma secuencial, se adicionan las piezas especiales, dado a que también son hechos de un material refractario, por lo que, como se efectuaron las piezas especiales para la parte inferior y superior, lo único que restaría en partir la mitad, sería la carcasa metálica.

Por lo que, se formaliza el trazado del croquis en un nuevo plano de vista alzada, añadiendo la operación de extruir saliente/base para obtener un modelo sólido completo.

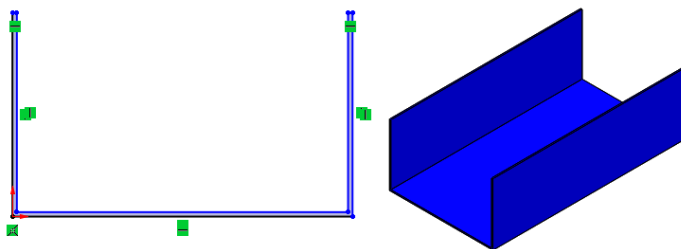


Figura 277 Corte Preliminar de la Carcasa Metálica

Como dicho elemento contendrá todos los elementos internos, este a su vez tendrá una tapa que cubrirá hasta la parte media de ambos lados (inferior y superior) funcionando como chapa

metálica, por lo que únicamente quedará descubierto la parte céntrica en donde se ubicará el tubo de cuarzo.

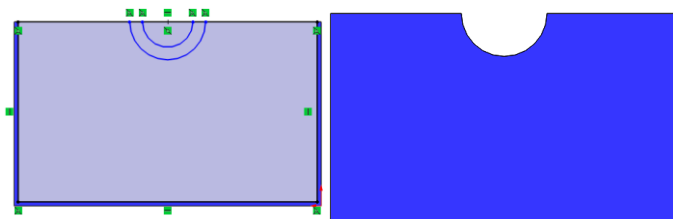


Figura 278 Formación de la Chapa Metálica

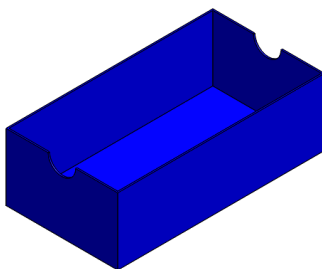


Figura 279 Modelado 3D de la Carcasa Metálica

Una vez obtenido los modelos correspondientes, se procede con el ensamblaje de dichos elementos, para conseguir un modelo más completo, teniendo como elemento fijo la carcasa metálica, agregando las 3 primeras capas de aislante, añadiendo las relaciones de posición para obtener un modelo un ensamblaje completamente definido.

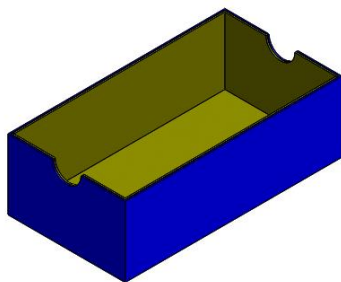


Figura 280 Ensamblaje de la carcasa metálica y el primer aislante

De igual forma se agrega la segunda y tercera capa, dado a que corresponden al mismo material de aislante.

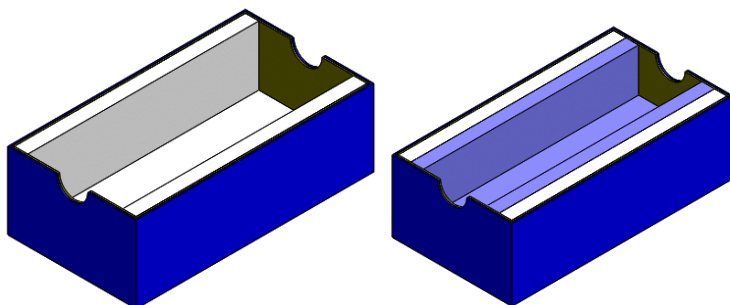


Figura 281 Ensamblaje del segundo y tercer aislante

Para anexas las piezas especiales al ensamblaje, se realiza un nuevo ensamblaje de la pieza especial con la resistencia apropiada, adecuando las posiciones curvas de la resistencia eléctrica acorde con el ranurado realizado.

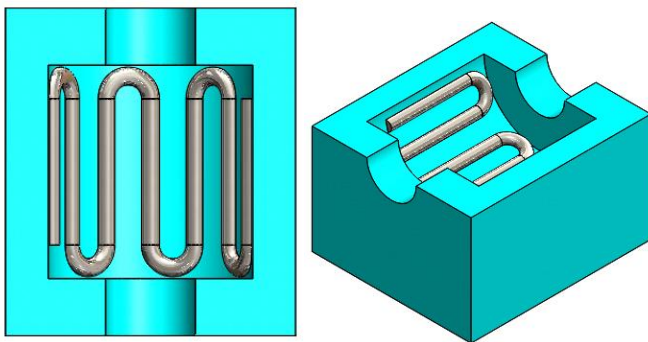


Figura 282 Ensamblaje de la pieza especial y la Resistencia Eléctrica

Una vez obtenido dicho modelo, se procede en agregar dos piezas más al extremo, esto con la finalidad de cubrir completamente la parte inferior del horno. Resaltando que se necesitan tres piezas especiales para cubrir la longitud total de largo para cada parte, (superior e inferior).

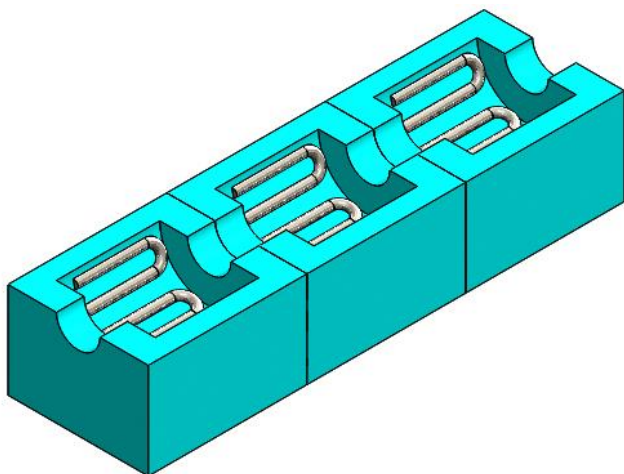


Figura 283 Ensamblaje de las 3 Piezas Especiales

Obteniendo el ensamblaje de las piezas especiales con sus respectivas resistencias, se procede con agregar dicho sub-ensamblaje al modelo general, en donde ya se tienen los aislantes ensamblados.

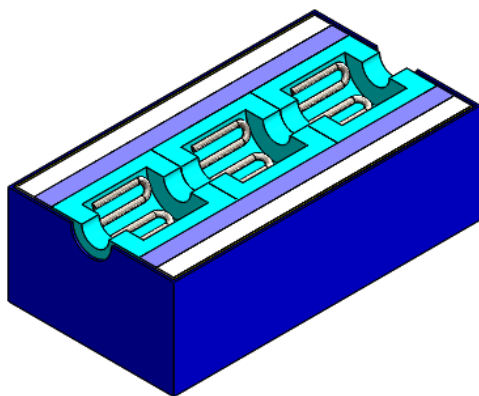
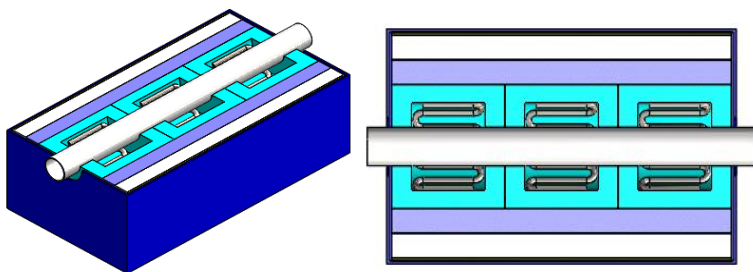


Figura 284 Ensamblaje de piezas especiales al modelo general

Por último, se agrega el tubo de cuarzo, añadiendo las relaciones de posición adecuadas sobre la parte cilíndrica de las pestañas de las piezas especiales, dejando como tolerancia un espacio simétrico para ambos extremos. Tal y como se muestra en las siguientes imágenes.



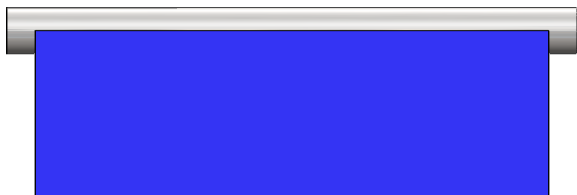


Figura 285 Ensamblaje del Tubo de Cuarzo en sus 3 vistas Estándar

Concluyendo con la parte inferior del horno, se procede con realizar el mismo procedimiento para la parte exterior, de tal forma que para dicho ensamble se omite la parte del tubo de cuarzo.

Se adiciona los tres primeros aislantes correspondientes, obteniendo un ensamble completamente definido, dejando como elemento fijo la carcasa metálica.

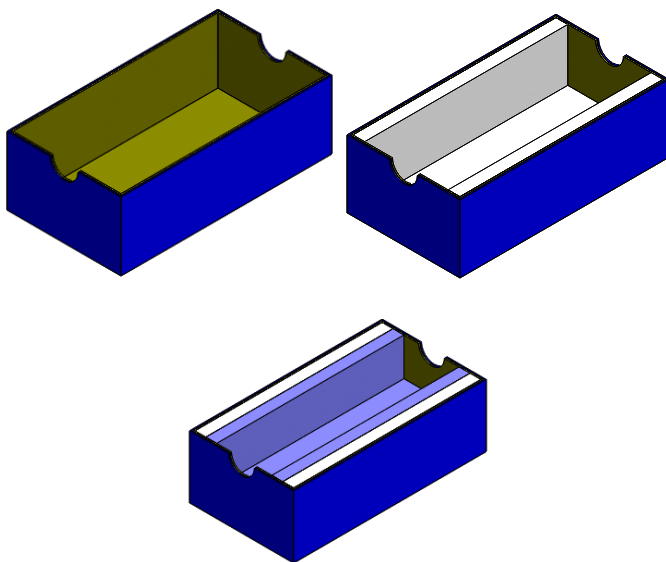


Figura 286 Ensamblaje de los 3 aislantes en la carcasa superior del Horno

Por última instancia se agrega el sub-ensamblaje de las piezas especiales con su respectiva resistencia eléctrica al modelo general.

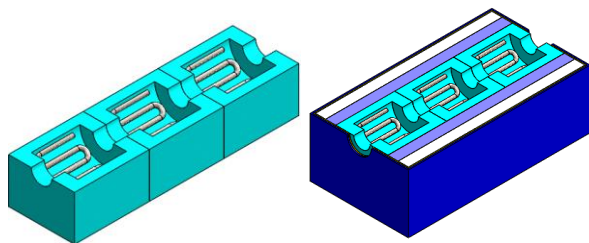


Figura 287 Ensamblaje de las piezas especiales al horno superior

Una vez que se tiene terminado los dos ensamblajes (inferior y superior) que conformarán el horno, se procede con formar un nuevo modelo de ensamble en donde se agregan ambas partes. Por lo que para dicho ensamble se considera las relaciones de posición que permitirán que se pueda abrir y cerrar ambas partes. Para ello, se añaden dos relaciones de posición en donde corresponden a la vértice de la cara trasera y la parte frontal de la cara izquierda.

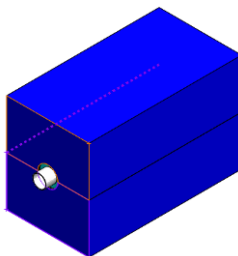


Figura 288 Visualización de las relaciones de posición lateral y frontal (Coincidentes)

Por último, se agrega una relación de posición de ángulo, en donde se agrega como parámetro que se abrirá a 90° .

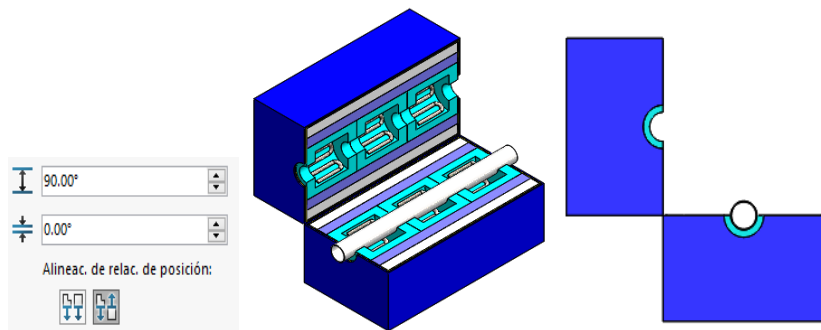


Figura 289 Relación de Posición a un ángulo de 90°

Con dicha función agregada se puede abrir y cerrar el horno únicamente a una instancia de 90°

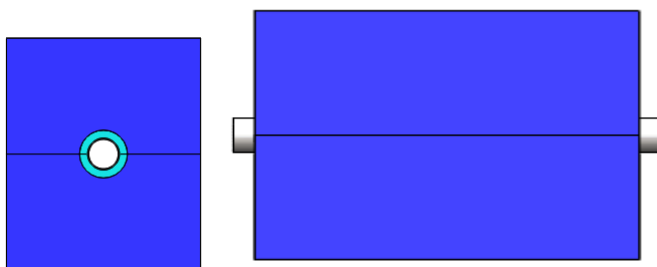


Figura 290 Visualización del Horno Cerrado

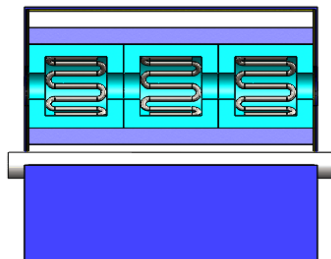


Figura 291 Visualización del Horno Abierto

Continuando con la parte de los complementos del horno, en donde hasta esta parte culmina con la estructura que corresponde a la del horno. Por consiguiente, para que dichas resistencias calienten, se necesita la parte eléctrica y electrónica que hará que funcione y se logre alcanzar el objetivo del que hará el proceso del horno. Sin embargo, solo se necesita la parte del diseño de los componentes que contendrán dichos elementos; descrito, así como tipo carcasa que adjuntará dichos elementos.

Para el diseño de dicho elemento, se realiza el modelado en 3D, en donde se considera un material de tipo lamina que contendrá la parte eléctrica y electrónica, sin embargo, la dimensión de largo de dicho modelo será la misma a la del horno. Por lo que, se indaga un nuevo croquis en un plano de vista alzada, añadiendo el trazo con las medidas adecuadas. Y por consiguiente, añadir la operación extruir saliente/base para formar el modelo en sólido.

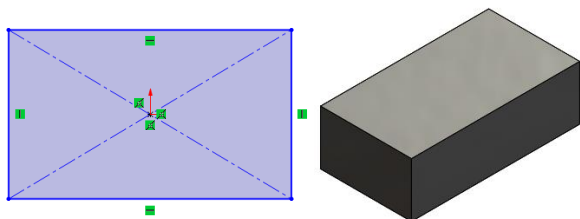


Figura 292 Formación del Módulo de Control

Con la finalidad de obtener el grosor de dicho modelo, se añade una operación de vaciado, que tendrá la función de hacer hueco la parte interna, añadiendo como parámetro el grosor de las seis caras internas.

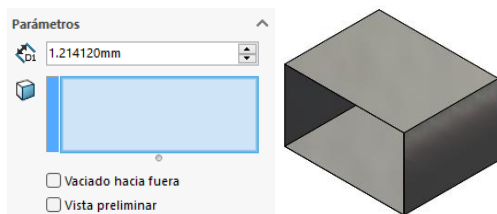


Figura 293 Visualización de Vaciado en vista de corte isométrica

En ambos extremos, se agrega una rejilla, que tendrá como finalidad, ventilar los componentes eléctricos que se encuentran en la parte interna, para ello, se efectúa un nuevo croquis en la parte lateral en donde se hace un trazado de rectángulos verticales, considerando un espacio mínimo de separación, para que a partir del croquis completamente definido se adicionan los cortes correspondientes por toda la pieza para que también la operación traspase para ambos extremos.

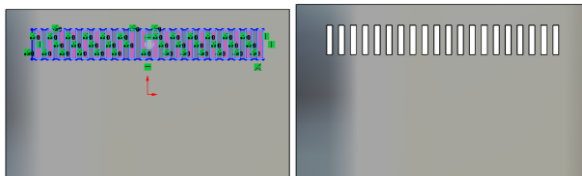


Figura 294 Formación de Rejillas

Por consecuente se anexa la entrada que corresponden a los monitores (pirómetros) en donde se visualizarán los niveles de temperatura, por lo que, dicho elemento irá en la parte frontal del módulo de control, en lo que se contempla como geometría de tipo triangular, en donde además este elemento unido al módulo tendrá igual una operación de vaciado y corte interno.

Este módulo contempla la medición de $\frac{1}{4}$ de la norma DIN.

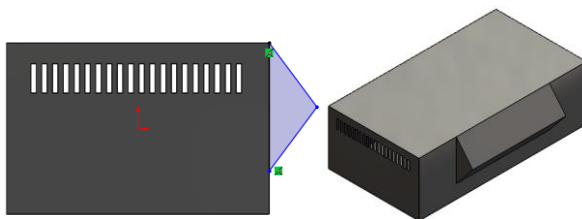


Figura 295 Formación de la Carcasa para los módulos de monitoreo

Para la formación de los controladores, se anexan los croquis de manera simétrica, por lo que, el trazado de los controladores se realiza de manera uniforme por la parte plana del triángulo en sólido.

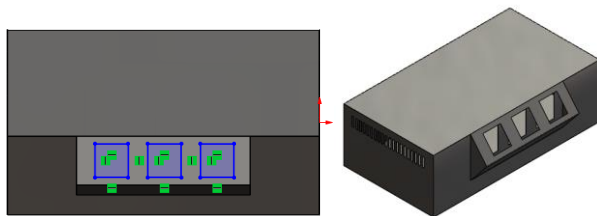


Figura 296 Modelo 3D completo del Módulo de Control

Para dicha carcasa del módulo de control se agregan como detalles cuatro bases, repartidos por la parte inferior de la base, esto tendrá como finalidad, obtener un soporte sobre la superficie en la que este horno se ubique.

Estas bases pueden ser de material de caucho o de aluminio, por mencionar algunos, que, por su forma, pueden ser cilíndricos o cuadrangulares.

Por ende, se realiza una geometría simple en un en un plano de planta, extruyéndolo a una altura considerada.



Figura 297 Bases del módulo de control

Teniendo dicha base, se realiza un ensamblaje, agregándolos sobre la parte inferior plana del módulo de control.

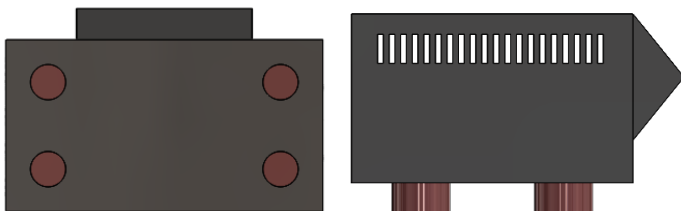


Figura 298 Ensamblaje de las 4 bases y el Módulo de control

Por consiguiente, este ensamblaje, se agrega al modelo general del horno, que corresponde a la carcasa con los aislantes, añadiendo relaciones de posición por la parte plana superior externa del módulo de control y la parte plana inferior externa de la carcasa de acero.

Obteniendo así un modelo más complejo. Tal como se muestra a continuación.

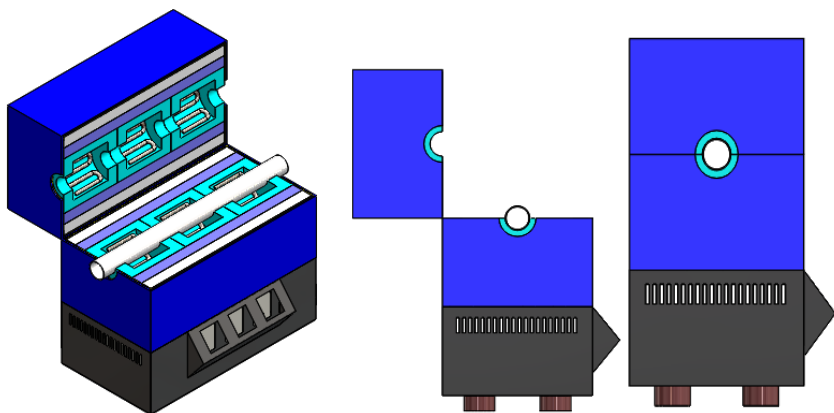


Figura 299 Ensamblaje del Módulo de control al Horno General

Como parte de los detalles, se realiza una capa adicional a la carcasa de acero; mismo material puede ser aluminio o acero, por mencionar algunos, dicha moldura funciona como margen exterior en cuanto a estética del modelo, y de ello, se puede anexar una manija que ayudará a abrir y cerrar el horno con mayor facilidad. Por lo que, con este detalle, se concluiría con la parte del diseño de este horno de tubo gradiente. En dicha porción de complemento, se considera la dimensión de ancho del módulo de control, de en donde estarán los pirómetros y recorrerá toda la altura, anchura y posteriormente bajará por la parte trasera, únicamente a $\frac{1}{4}$ hacia abajo de la carcasa superior.

Posteriormente ambas placas se ensamblan al modelo general, agregando las relaciones de posición simétricos en ambos extremos, para que dicho elemento quede justamente en el centro del horno.

Realizando un nuevo croquis, en un plano de vista alzada, añadiendo las medidas adecuadas, y extruyéndolo para formar la pieza.

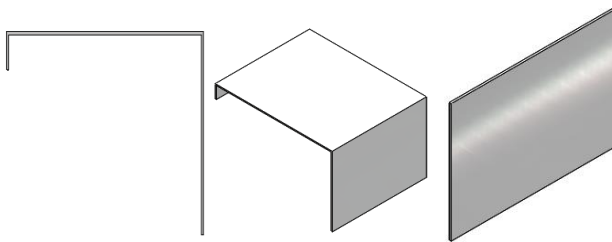


Figura 300 Placas Exteriores

Posteriormente, se agregan dichos elementos al modelo general del horno.

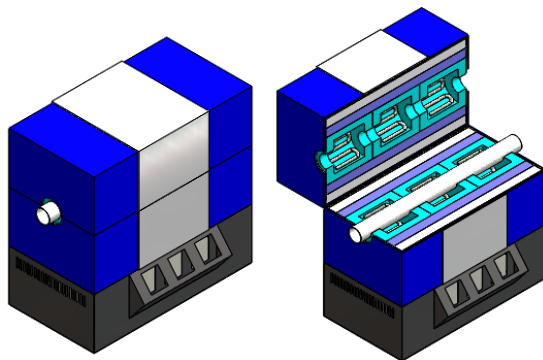


Figura 301 Ensamblaje de placas exteriores

Como siguiente y último paso, se realiza el modelo de la manija, mismo que puede ser de acero o aluminio, y dicho elemento se une en la parte superior de la placa de manera proporcional, obteniendo así un modelo completamente definido, y posteriormente un modelo totalmente completo.

Para ello, se hace un diseño de forma cilíndrica que corresponderá a la asa, agregando dos orificios en los extremos simulando la entrada de los tornillos que unirá la asa con unas placas metálicas.



Figura 302 Diseño de la ASA

Como modelo preliminar de los tornillos que unirán ambos elementos, se realiza un trazado que será para la parte cilíndrica del tornillo, y en la parte plana agregar otra circunferencia plana, de diámetro más grande, que simulará un modelo más realista.



Figura 303 Modelado de los Tornillos

Por consecuente, se realiza el modelo de una placa metálica en forma de arco que estará acoplada a través de la unión de los tornillos con respecto a la asa y la placa del horno.

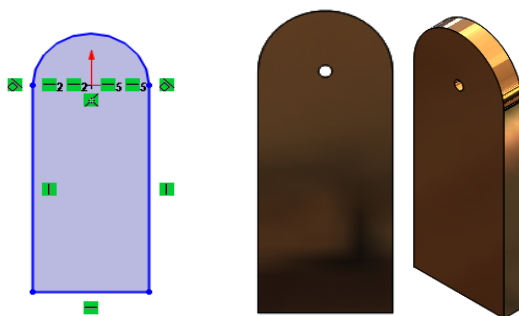


Figura 304 Placas metálicas de la ASA

Obteniendo los tres modelos que conformarán la manija, se realiza el ensamblaje, mismo que también se agrega al modelo general, culminando así con la parte del diseño en modelado 3D completamente definido.

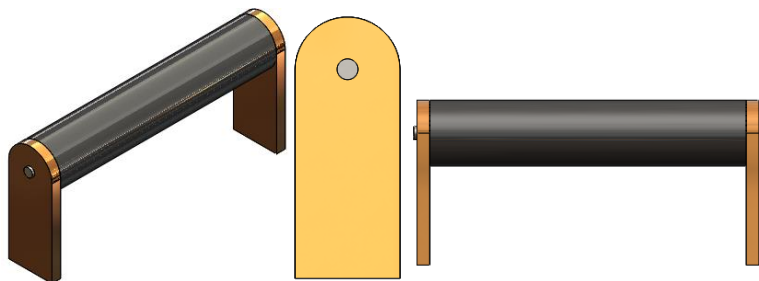


Figura 305 Ensamblaje de la ASA en sus 3 vistas estándar

Este modelo realizado, se agrega de manera proporcional, esto con la finalidad de que quede exactamente por el centro de la placa que está unida a la carcasa metálica del horno.

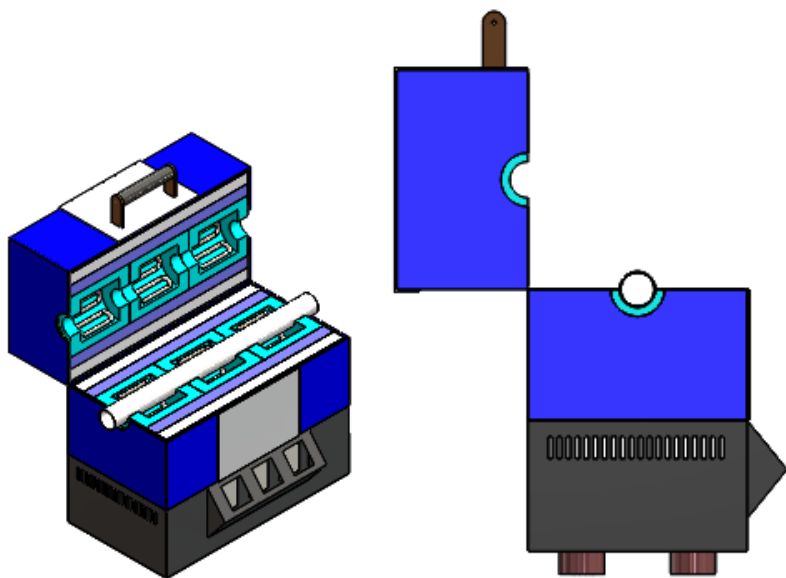


Figura 306 Horno de Tubo Gradiente Completo

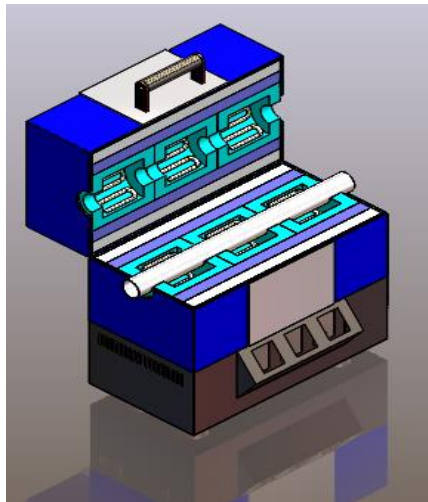


Figura 307 Visualización Realista del Horno

En esta última imagen de diseño, contempla un modelo terminado en cuestión de diseño, mismo a que el fondo es distinto, mediante la cual proporciona una proyección más realista como la sombra y colores más cercanos a la realidad. Para analizar la parte térmica en cuanto a su funcionamiento óptimo de los aislantes empleados, se realiza el análisis térmico, contemplando tres pruebas de temperatura. En la primera será de 80° Celsius, la segunda de 1000° Celsius, y la tercera de 1200°C , por lo que se indagará el resultado previo para ambos casos, el primero correspondería a un estado inicial en donde el horno se encuentra cerrado y otra en donde el horno se encuentre abierto. Destacando que el calor introducido será únicamente para las resistencias eléctricas de las seis piezas especiales.

18.14.1 Análisis Térmico

Teniendo el modelo completo con todos los componentes, se procede en realizar el perfil térmico, en la cual, dicho procedimiento se realiza siguiendo el mismo proceso que se ha venido realizando en análisis anteriores. Sin embargo, iniciando en el módulo de estudios que ofrece el software, se realiza el estudio para la primera prueba, que corresponde a la de 800° Celsius, en ambos estados (en horno abierto y cerrado), omitiendo la parte del módulo de control, dejando únicamente la parte del cuerpo del horno.

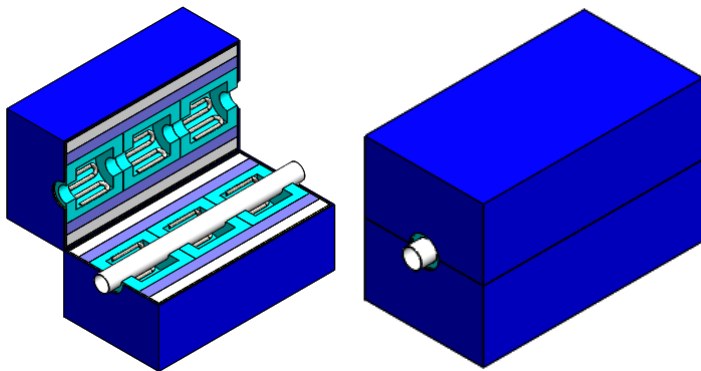


Figura 308 Preparación del modelo para el análisis térmico

Como siguiente punto a considerar, son el tipo de material de cada elemento, en donde lo más destacante es la densidad del material en kg/m^3 y la conductividad térmica en $\text{W/(m}^\circ\text{K)}$. Para ello, la siguiente tabla muestra información sobre cada material empleado en el horno y posteriormente para el análisis térmico.

ELEMENTO	DENSIDAD DE LA MASA kg/m^3	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$
Carcasa Metálica	7850	50
Aislante 1	208	0.23
Aislante 2	272	0.22
Aislante 3	272	0.22
Pieza Especial	240	0.22
Resistencia Eléctrica	7900	1.226
Tubo de Cuarzo	2620	7.7

Tabla 7 Datos de Propiedades Físicas y Químicas

Para ambos casos (cerrado y abierto), se consideran los mismos parámetros que a continuación se describirán. Para el primer punto se considera la selección completa de las resistencias, en donde como parámetro se agregan los 800°C, en donde se puede visualizar en el modelo abierto la selección de las resistencias.

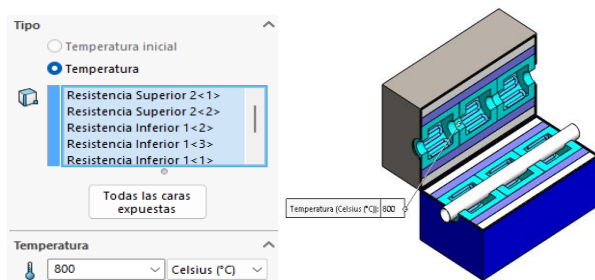


Figura 309 Selección de Resistencias

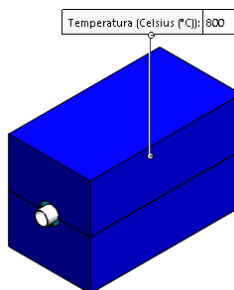


Figura 310 Selección de resistencias en la parte interior en el modelo cerrado

Como siguiente paso, es agregar la carga térmica, que corresponde a la Convección, en donde se proporciona que será de un coeficiente de convección de $22 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ y una temperatura ambiente de 301.15°K que corresponden a 28°Celsius . Por lo que estos parámetros se agregan seleccionando las caras externas que pertenecen a la carcasa metálica.

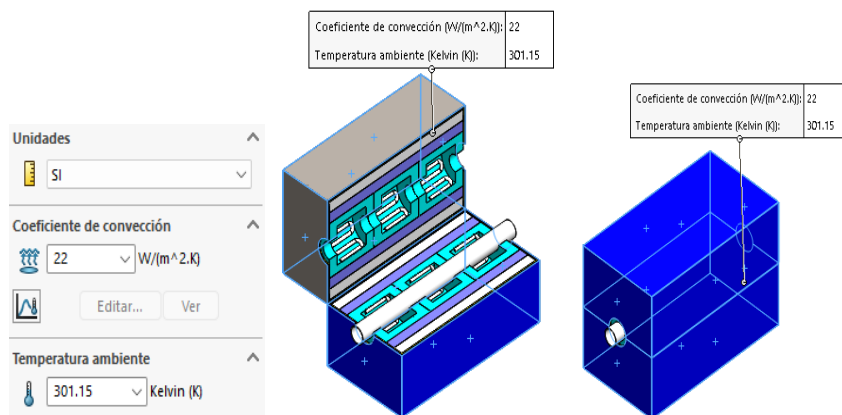


Figura 311 Selección de la carcasa Exterior para Convección

Agregando dichos parámetros, lo siguiente a considerar, es el tipo de mallado, ya que se contempla que el mallado sea muy fino, esto con la finalidad de que el calor pueda transferirse aún más hacia la parte externa que sería la parte más fría y de ello, distinguir más como fluctúan los gradientes sobre los aislantes.

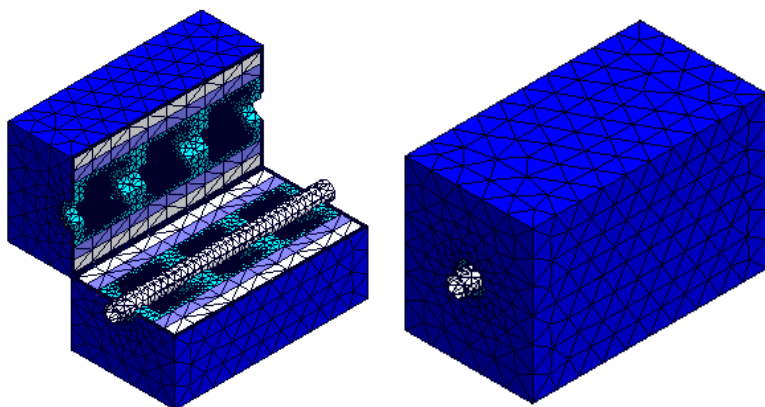


Figura 312 Formación de Mallado Fino

Por consiguiente, se ejecuta el estudio con los parámetros agregados, y de ello obtener los resultados previos.

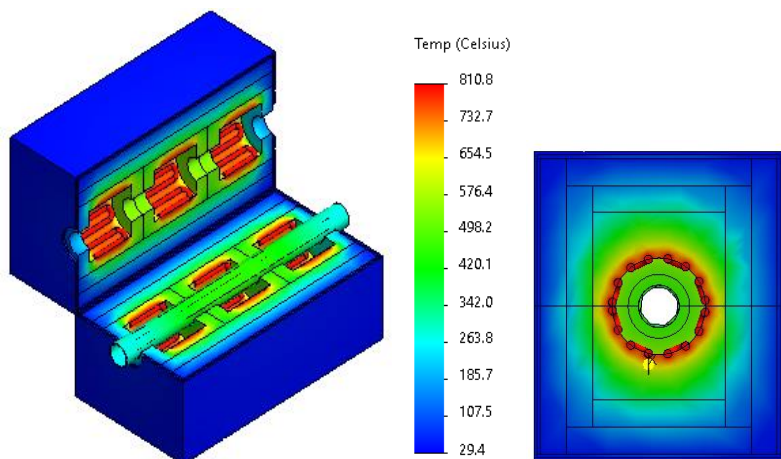


Figura 313 Resultados previos de la primera prueba realizada a 800°C

El calor se aplicó a través de resistencias eléctricas, demostrando que el sistema presenta gradientes de temperatura uniformes desde la parte interna hacia la externa. Esto indica una distribución eficiente del calor, lo que sugiere que el diseño del horno permite un calentamiento homogéneo.

Dicha uniformidad en los gradientes térmicos es crucial para asegurar que el horno funcione de manera efectiva, manteniendo la estabilidad térmica y optimizando el rendimiento energético.

Como segunda prueba, corresponde a la de 1000° Celsius, dado a que dicha prueba repite los mismos parámetros, en donde la única diferencia es el cambio de temperatura.

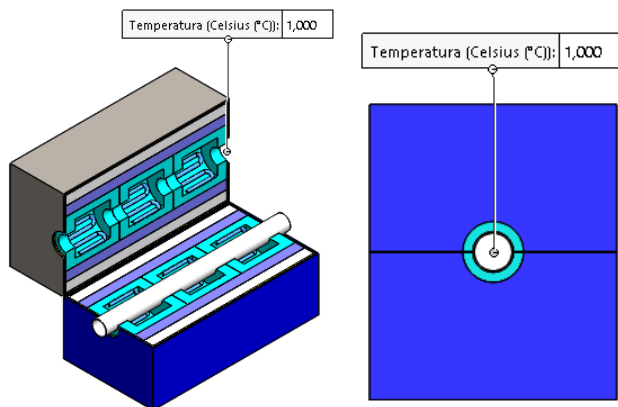


Figura 314 Selección de Resistencias Eléctricas para agregar la carga térmica de 1000°C

Las siguientes correspondencias son iguales, el coeficiente de convección de $22 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, la temperatura ambiente de 301.15°K (28° Celsius) y el mallado fino, mismo que ejecutando los estudios con dichos parámetros, los resultados son los siguientes.

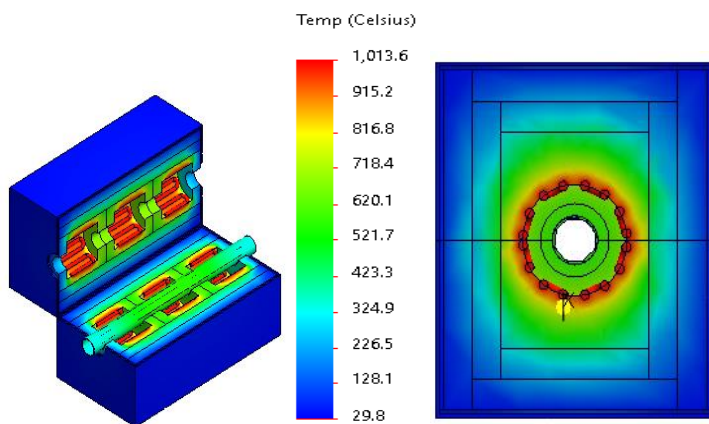


Figura 315 Resultados previos de la segunda prueba realizada a 1000°C

Aumentando 200° Celsius de temperatura, se puede observar el mismo estanqueamiento de temperatura, dado a que los aislantes en ambas pruebas de temperatura retienen el calor hacia la parte externa, manteniendo también la parte del tubo en una temperatura de trabajo sumamente media alta, visto a que no se calienta completamente o haya presencia de temperatura alta en el tubo y se encuentre en una escala roja.

Para la siguiente y última prueba se adicionan 200° Celsius, siendo este estudio de 1200°C, dado a que los parámetros son los mismos, con un coeficiente de convección de 22 W/(m*K), la temperatura ambiente de 301.15°K (28° Celsius) y el mallado fino. La única diferencia será el cambio de temperatura.

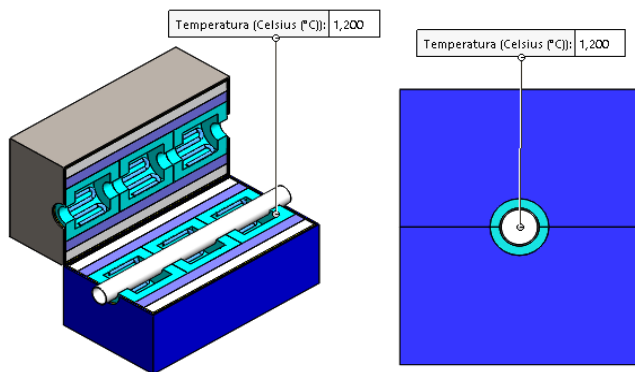


Figura 316 Selección de Resistencias para agregar la temperatura

Ejecutando el estudio de análisis, da como resultado los siguientes modelos.

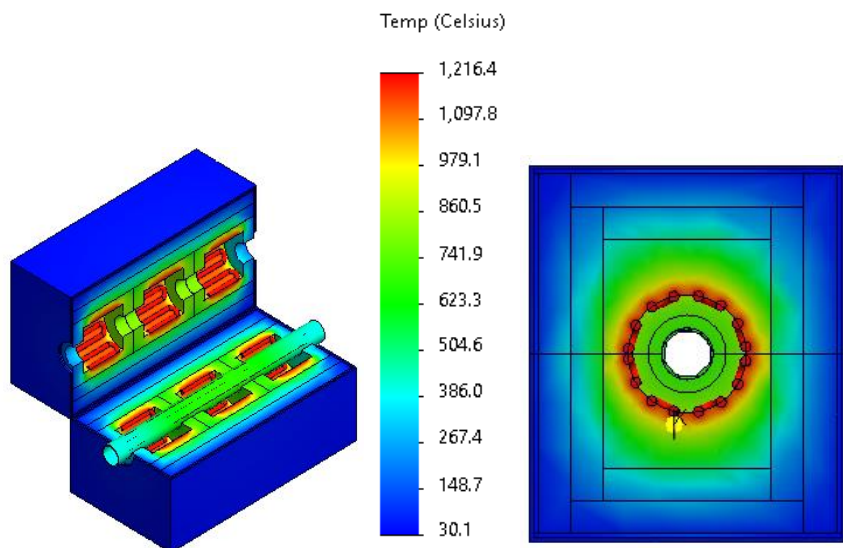


Figura 317 Resultados previos de la tercera prueba realizada a 1000°C

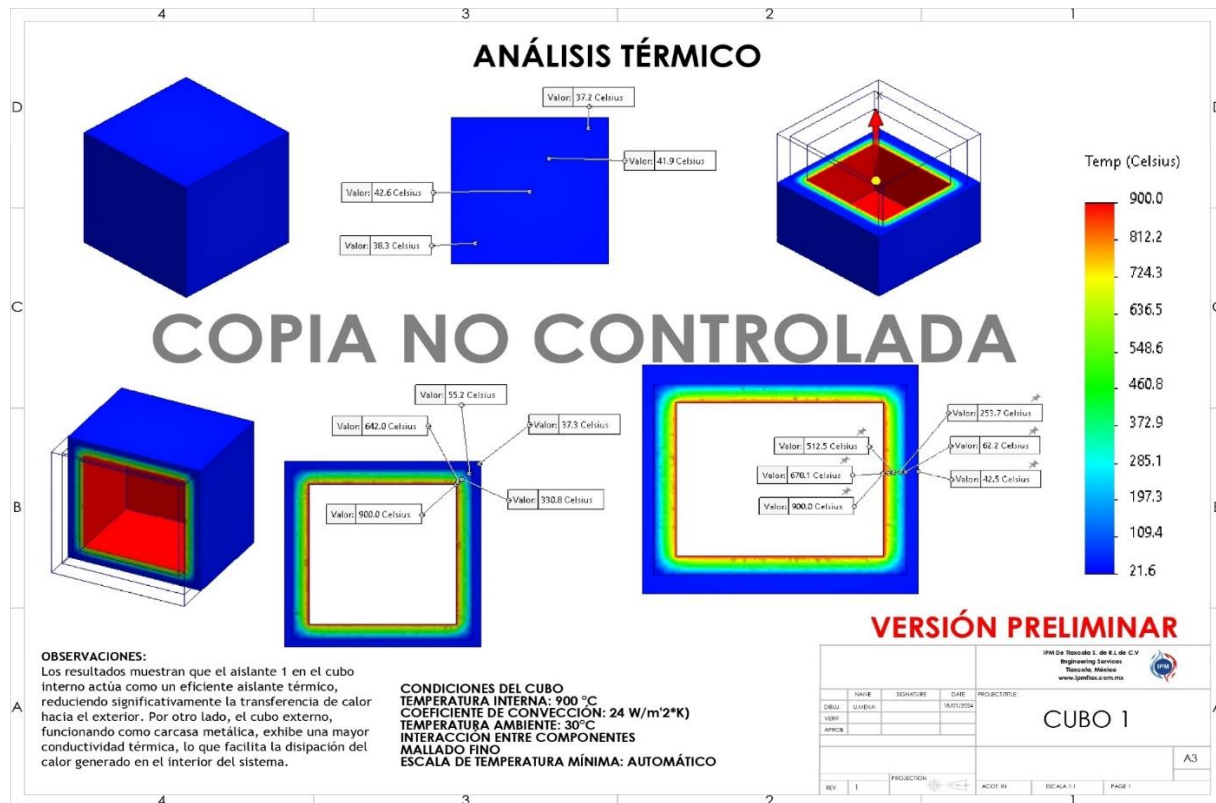
Con pruebas realizadas a temperaturas de 800°C, 1000°C y 1200°C, ha demostrado una distribución de temperatura uniforme desde la parte interna hasta la externa en todos los casos. Al aplicar el calor mediante resistencias eléctricas, se controlará que el sistema mantenga gradientes térmicos consistentes, lo que indica un diseño eficaz en la transmisión del calor y un buen comportamiento térmico del material aislante empleado. A 800°C, el horno mostró un calentamiento homogéneo, lo que sugiere que a esta temperatura el diseño es altamente eficiente para operaciones de baja a media temperatura.

Cuando se incrementó la temperatura a 1000°C, se mantuvo la uniformidad en los gradientes térmicos, lo cual es crucial para procesos que requieren una estabilidad térmica superior. Este comportamiento asegura que el horno pueda manejar aplicaciones más exigentes sin comprometer la calidad del calor. Finalmente, a 1200°C, el horno continuó demostrando un excelente control térmico, manteniendo gradientes uniformes incluso en condiciones extremas. Este resultado subraya la robustez del diseño y su capacidad para operar de manera segura y eficiente en aplicaciones de alta temperatura. La capacidad del horno para mantener una distribución uniforme del calor en un rango tan amplio de temperaturas confirma que es adecuada para una variedad de procesos industriales que exigen término de precisión.

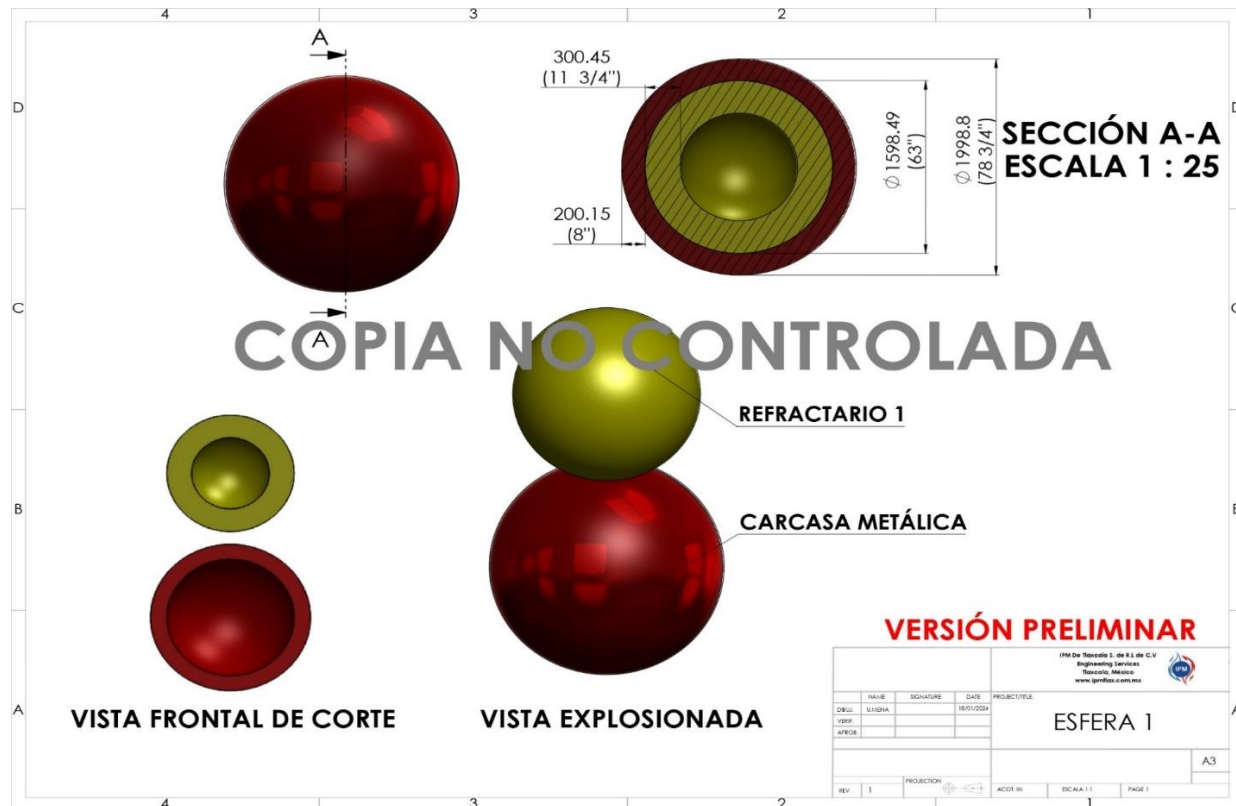
19.1 MODELADO 3D DE UN CUBO



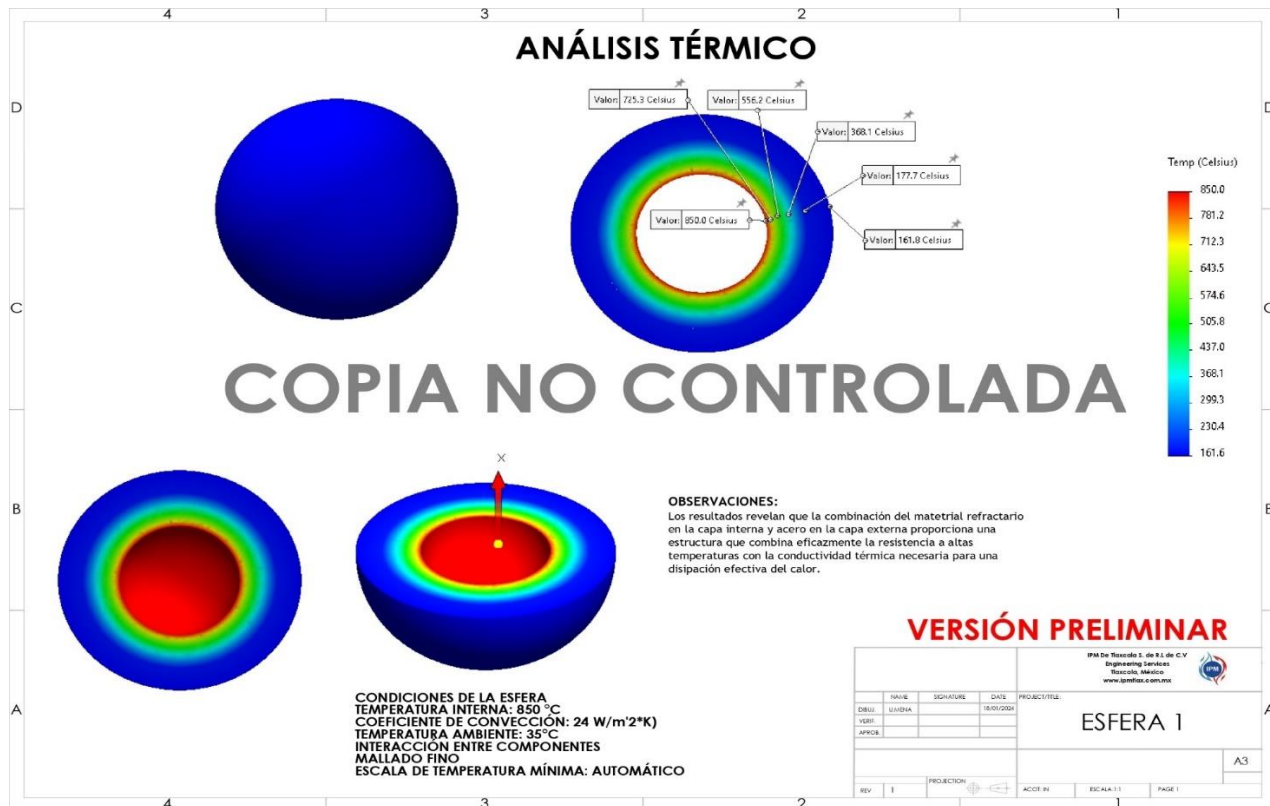
19.2 ANÁLISIS TÉRMICO DEL CUBO



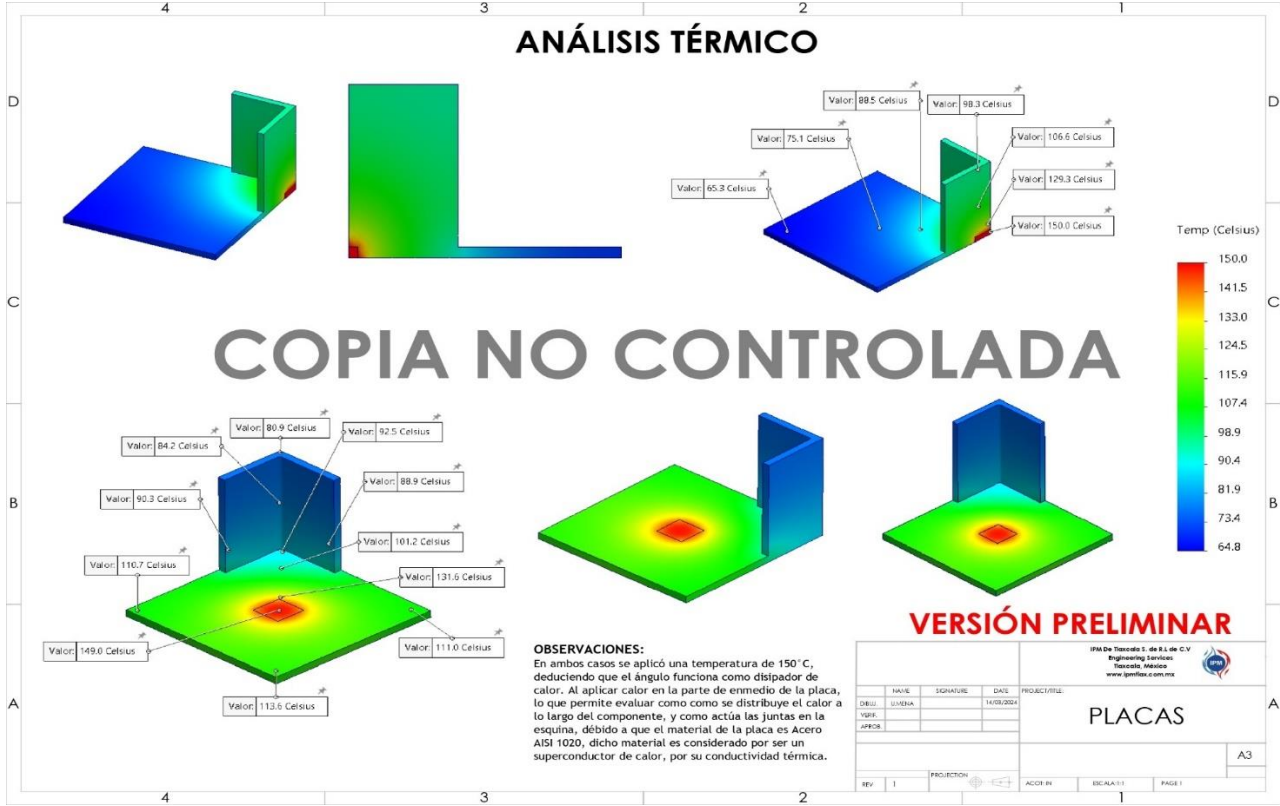
19.3 MODELO 3D DE LA ESFERA



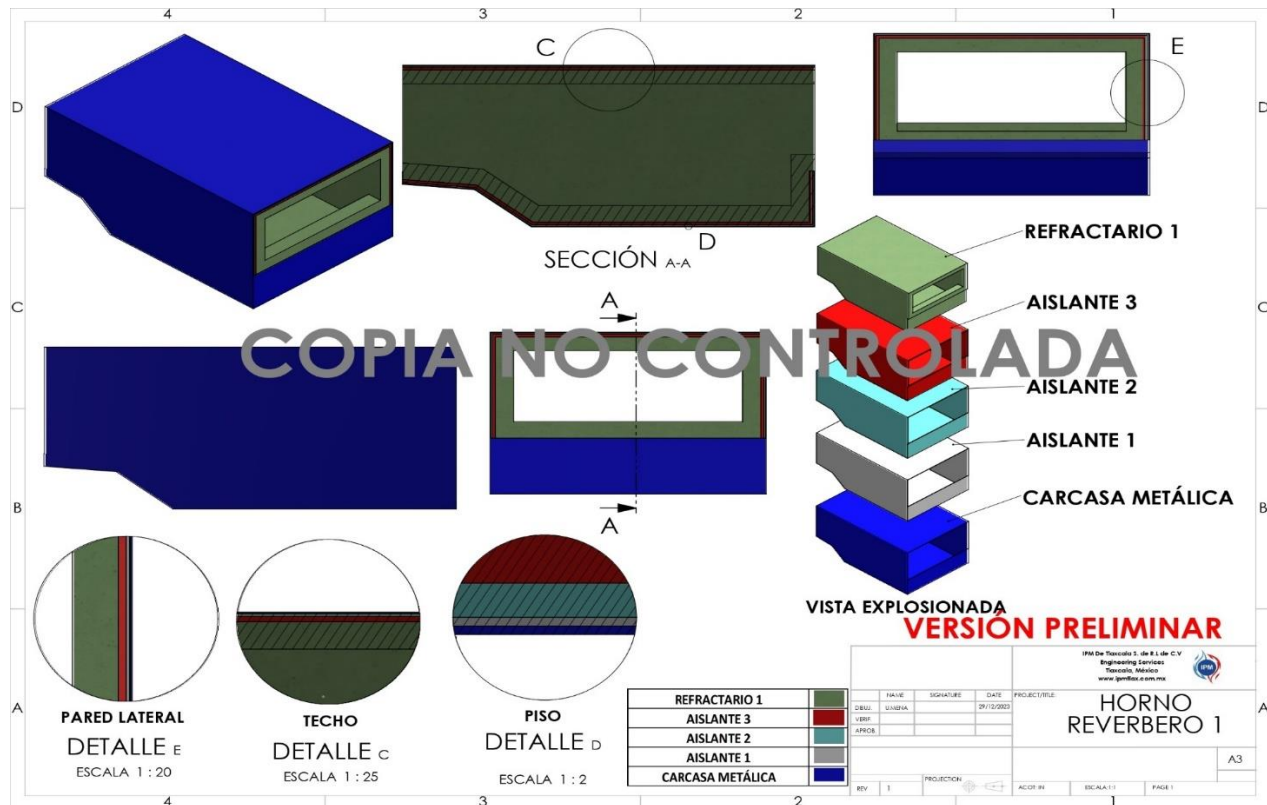
19.4 ANÁLISIS TÉRMICO DE LA ESFERA



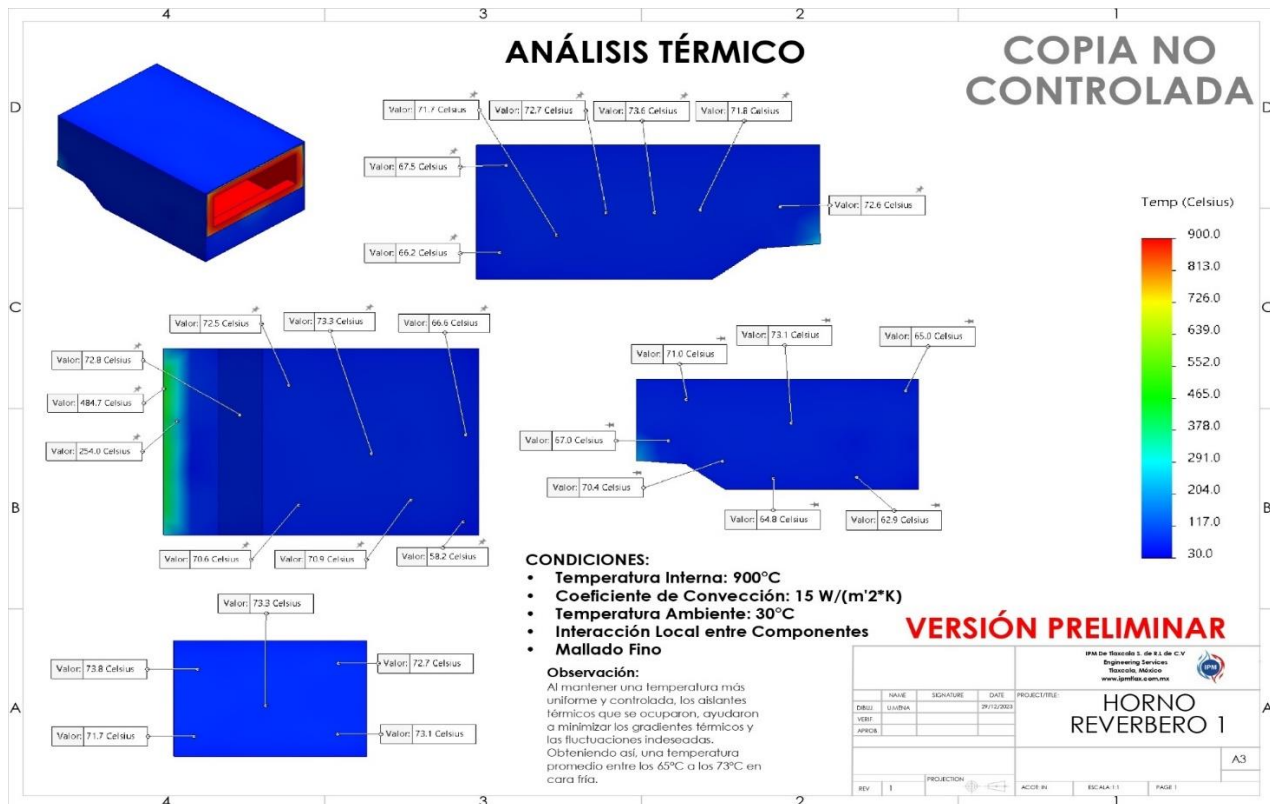
19.5 ANÁLISIS TÉRMICO DE PLACAS



19.6 HORNO REVERBERO 1

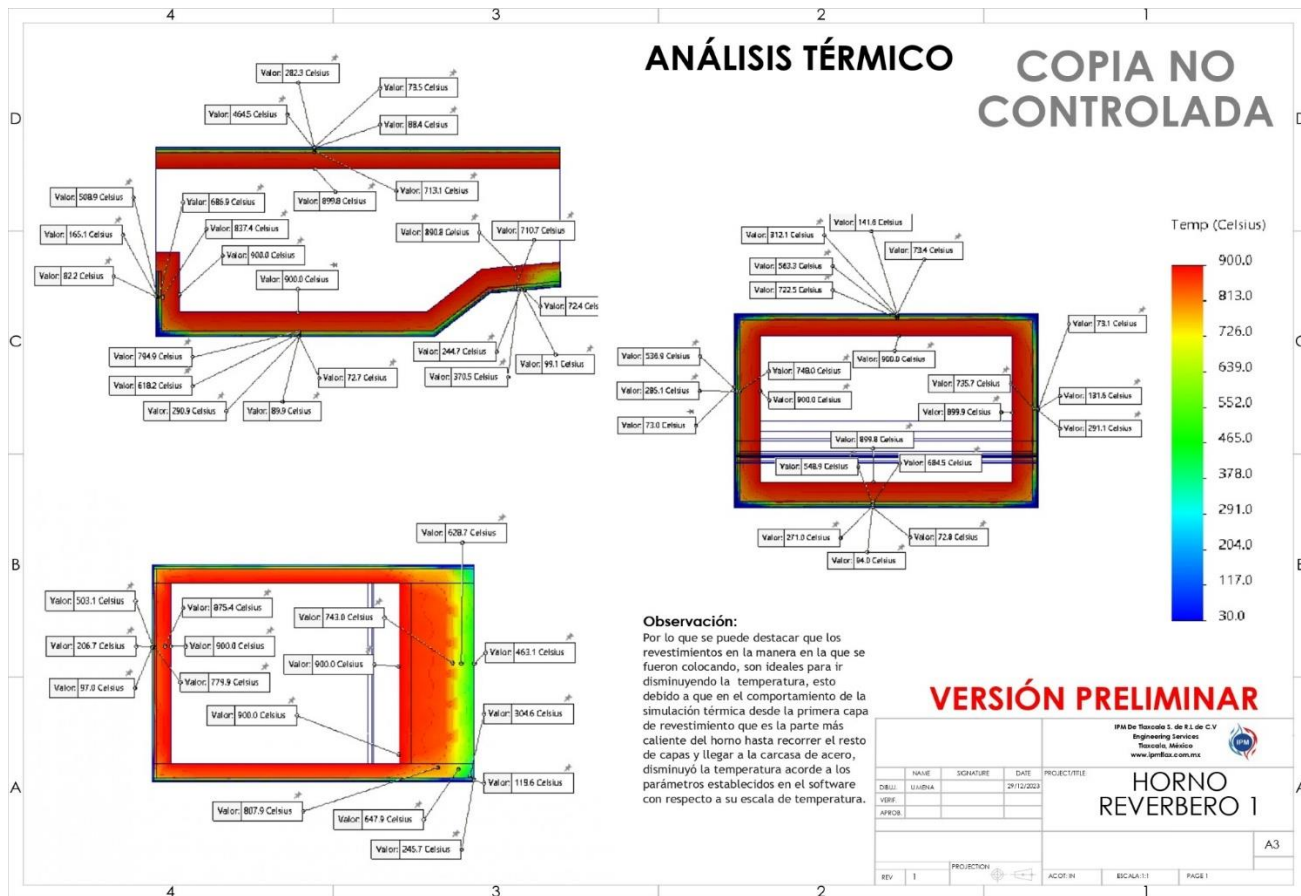


19.7 HORNO REVERBERO 1 ANÁLISIS TÉRMICO



ANÁLISIS TÉRMICO

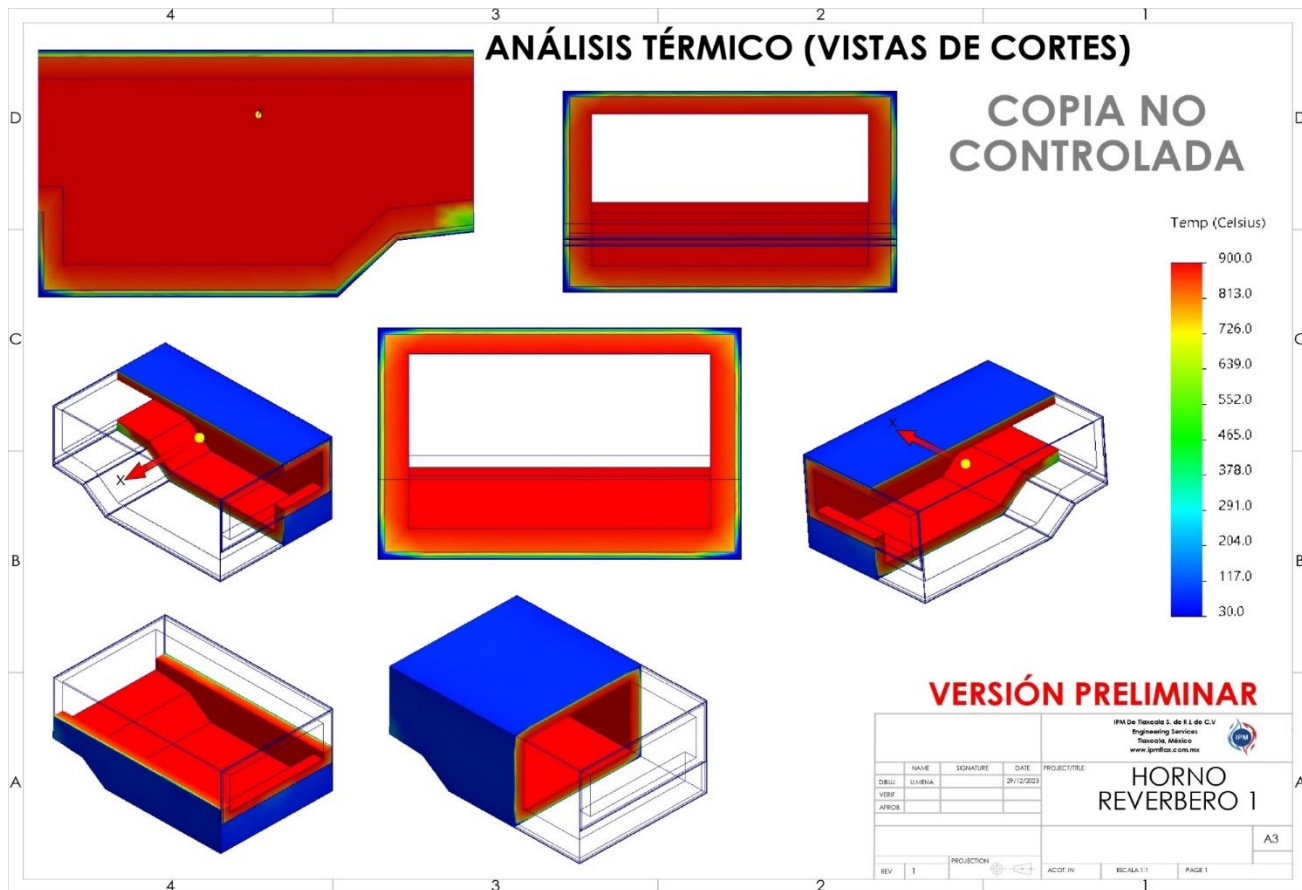
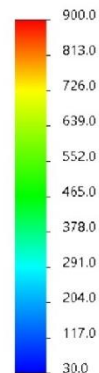
COPIA NO CONTROLADA



ANÁLISIS TÉRMICO (VISTAS DE CORTES)

COPIA NO CONTROLADA

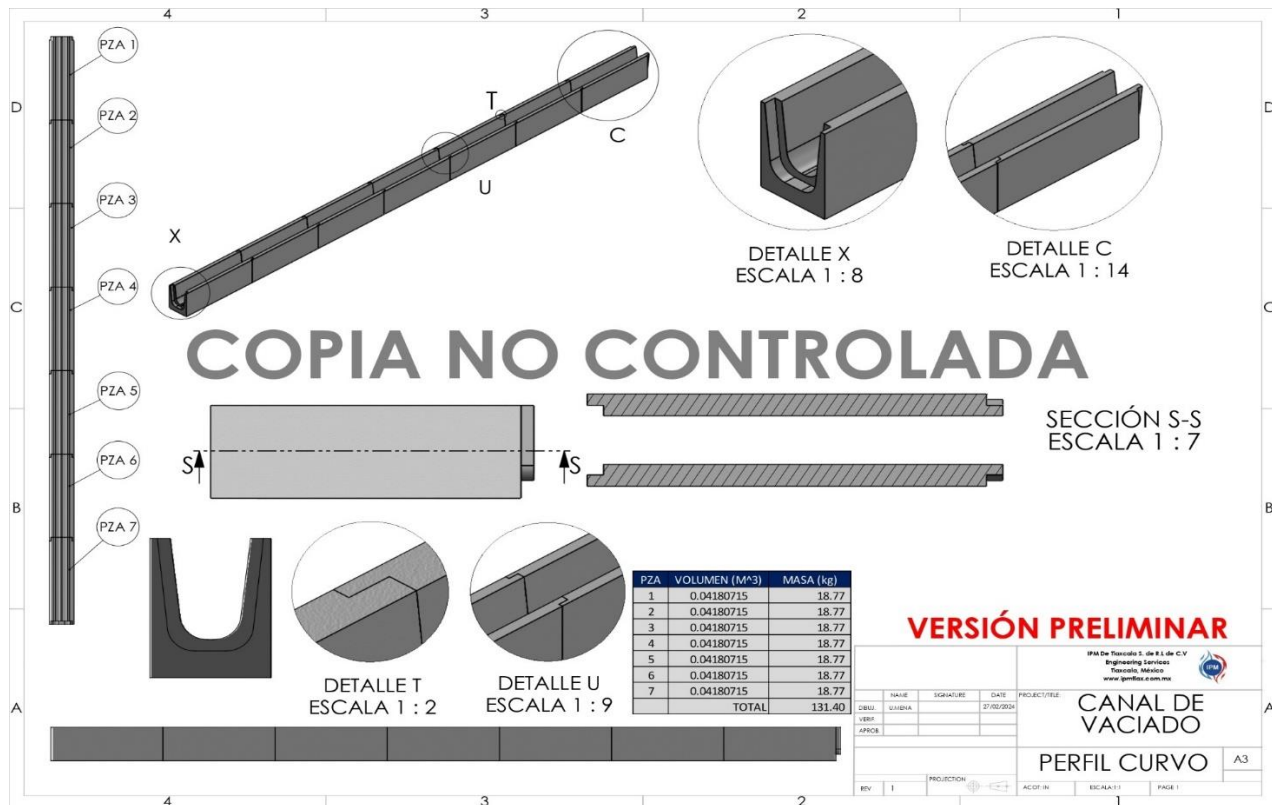
Temp (Celsius)

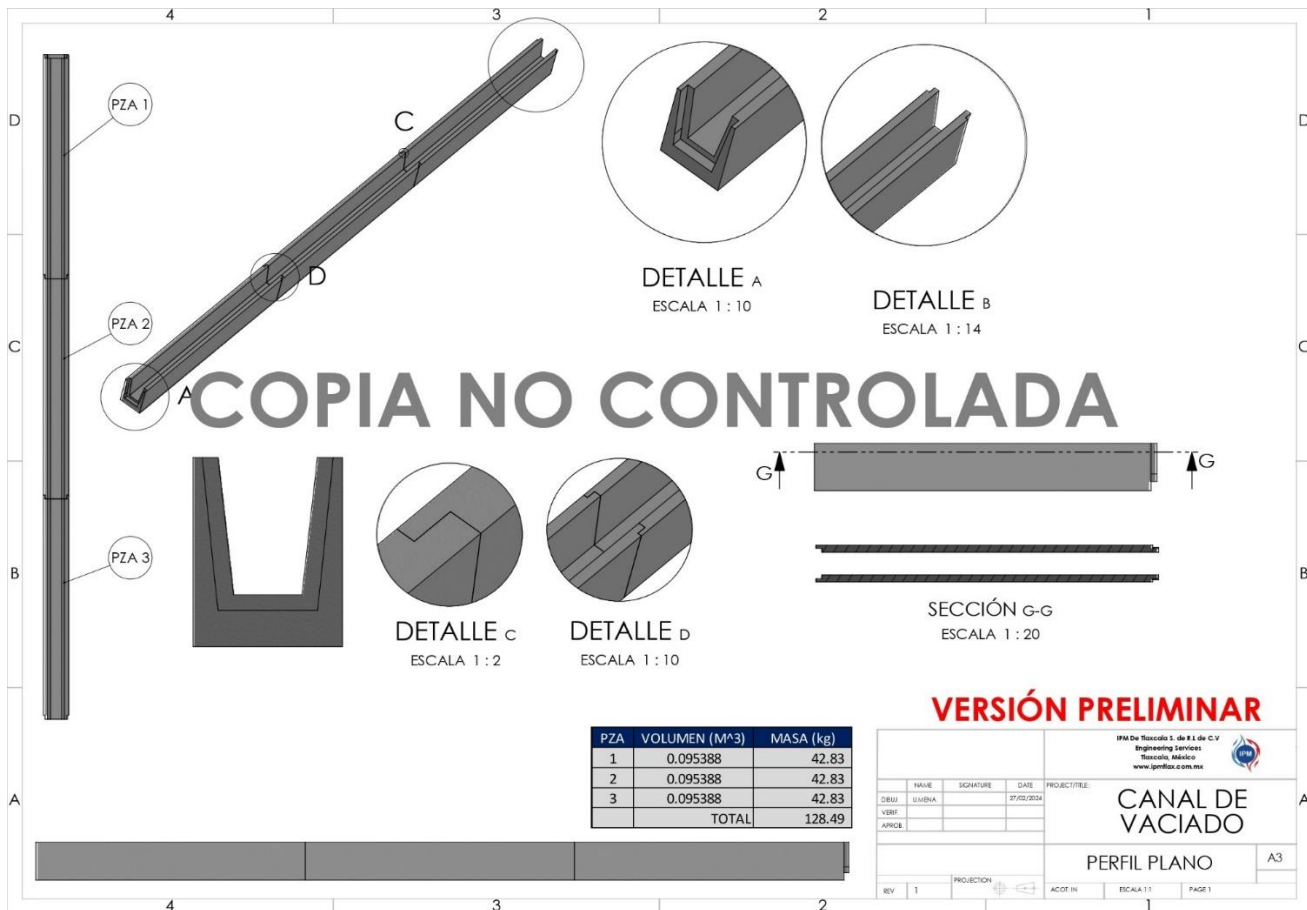


VERSIÓN PRELIMINAR

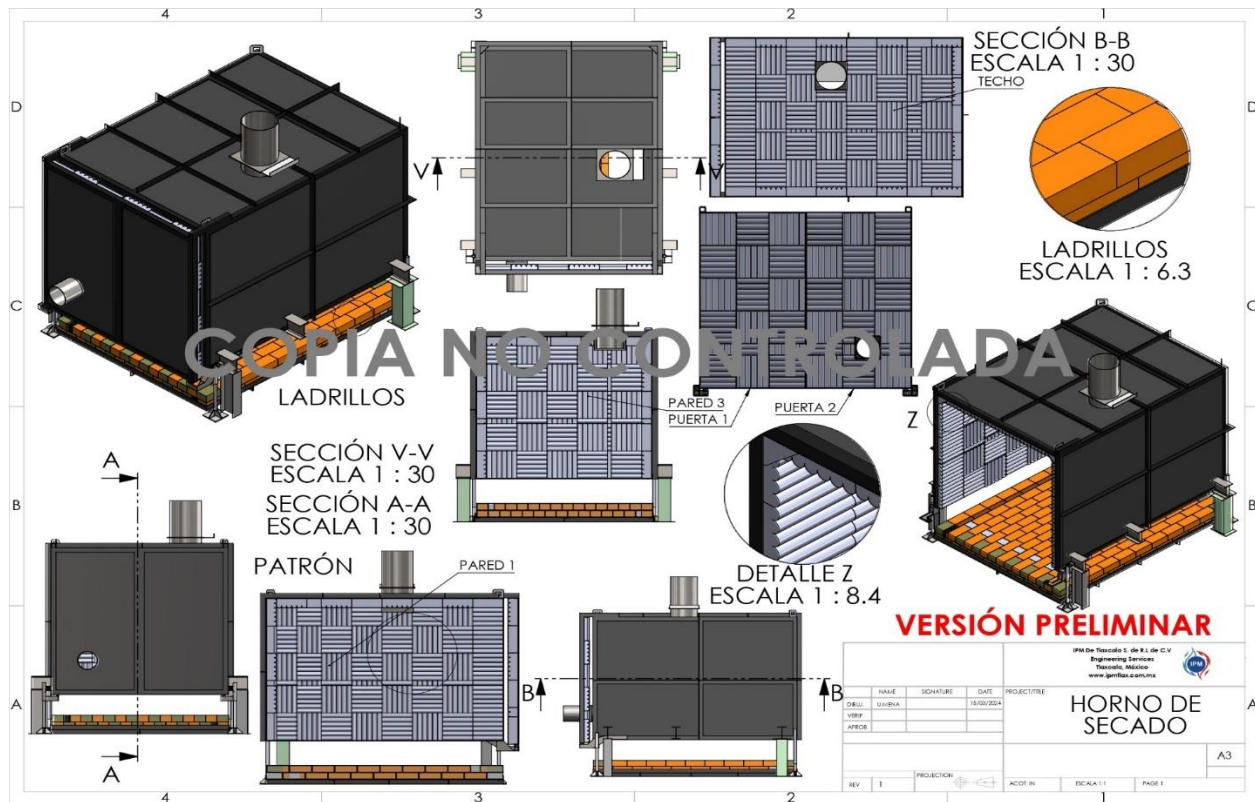
IPM De Teneo 1. de S.L. de C.V. Engineering Services Teneo, México www.ipmfix.com.mx		PROJECT TITLE: HORNO REVERBERO 1	
NAME	SIGNATURE	DATE	PROJECT TITLE
DESIGN	REVIEW	APPROVAL	
REV	1	PROJECTION	ACOT IN
BICLA 1:1		PAGE 1	

19.8 CANAL DE VACIADO

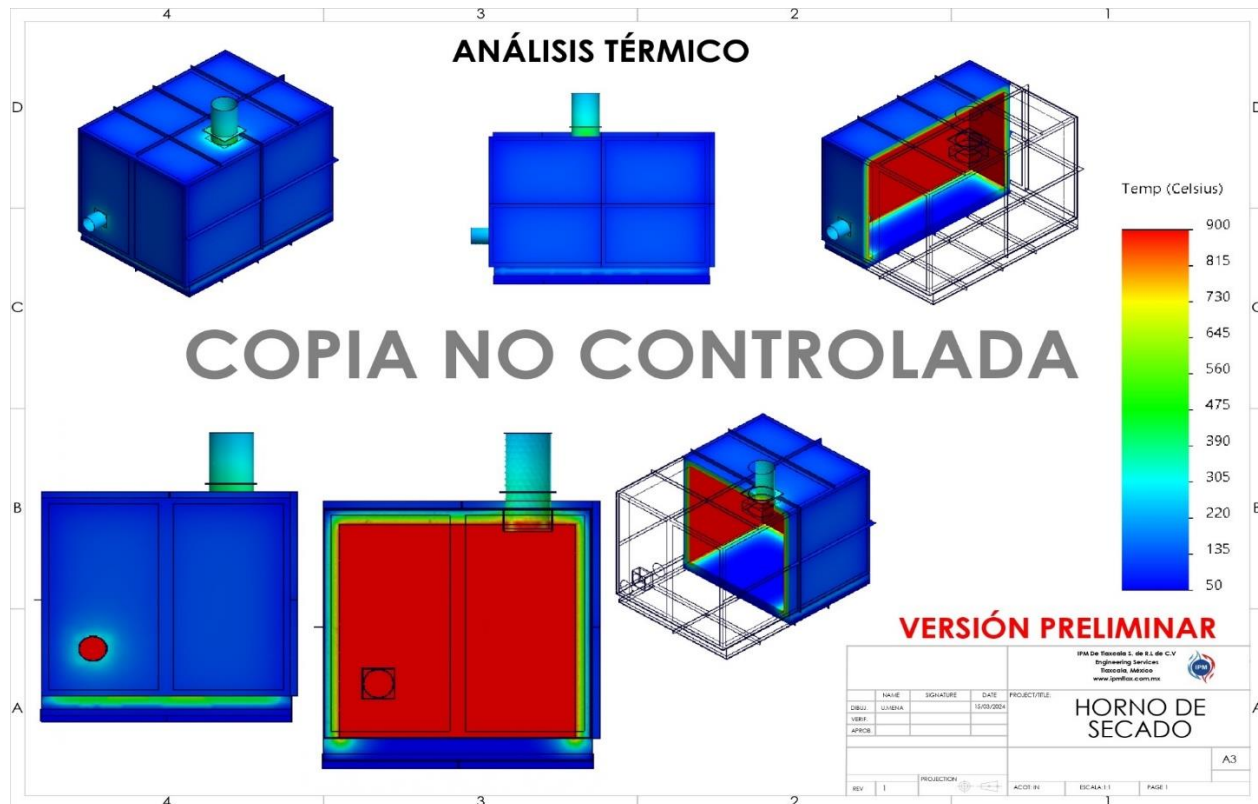




19.9 HORNO DE SECADO

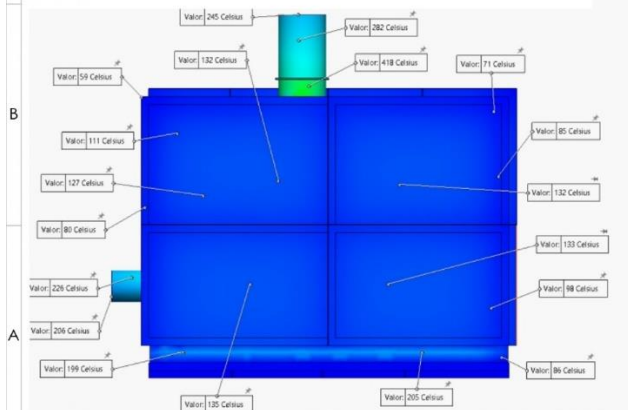
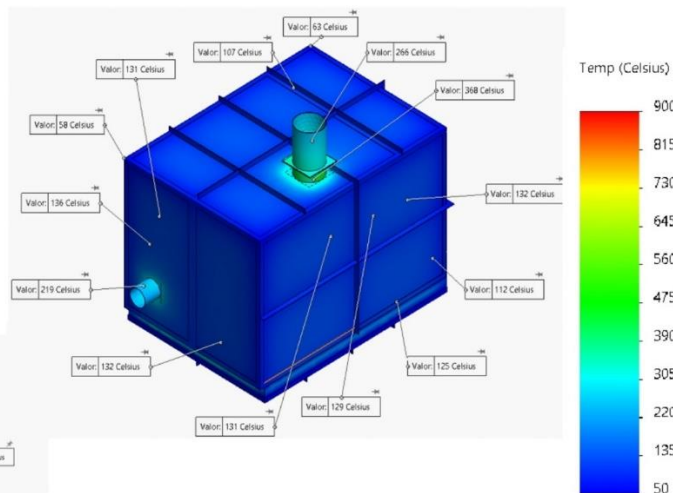


19.10 HORNO DE SECADO ANÁLISIS TÉRMICO



COPIA NO
CONTROLADA

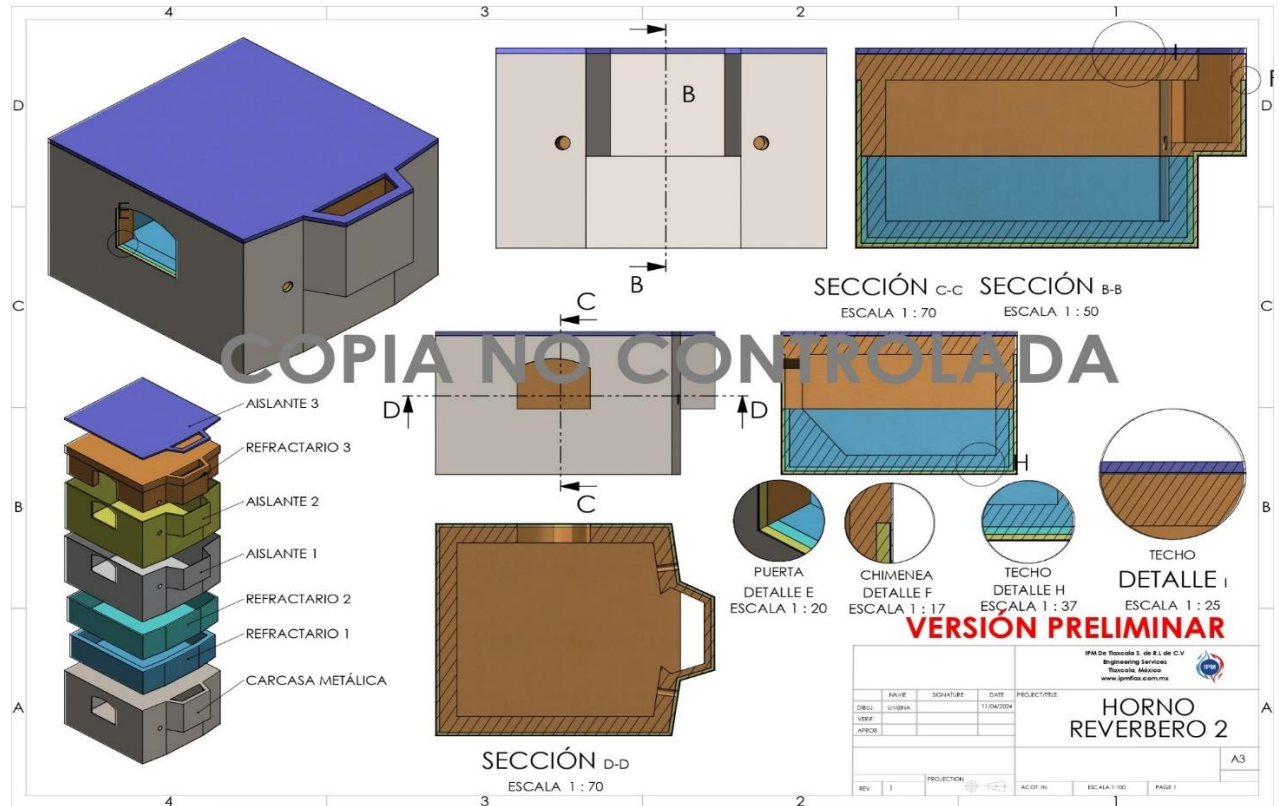
ANÁLISIS TÉRMICO



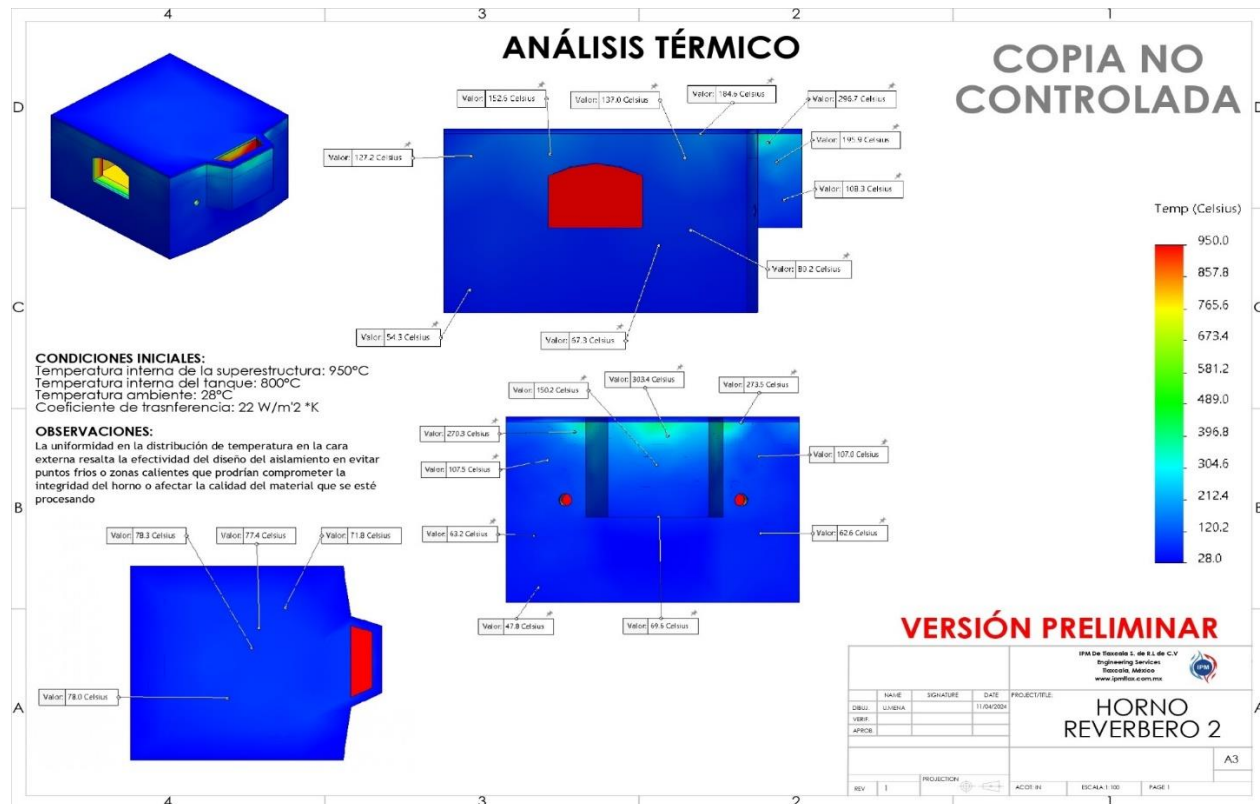
VERSIÓN PRELIMINAR

INM De Tlaxcala S. de R.L. de C.V. Engineering Services Tlaxcala, Mexico www.inmfia.com.mx			
HORNO DE SECADO			
NAME DBUJ VERP -PRICB	SIGNATURE DATE 10/03/2024	PROJECT TITLE A3	
REV 1	PROJECTION	ACCO: 91	SIG: AIA: 1.1

19.11 HORNO REVERBERO 2

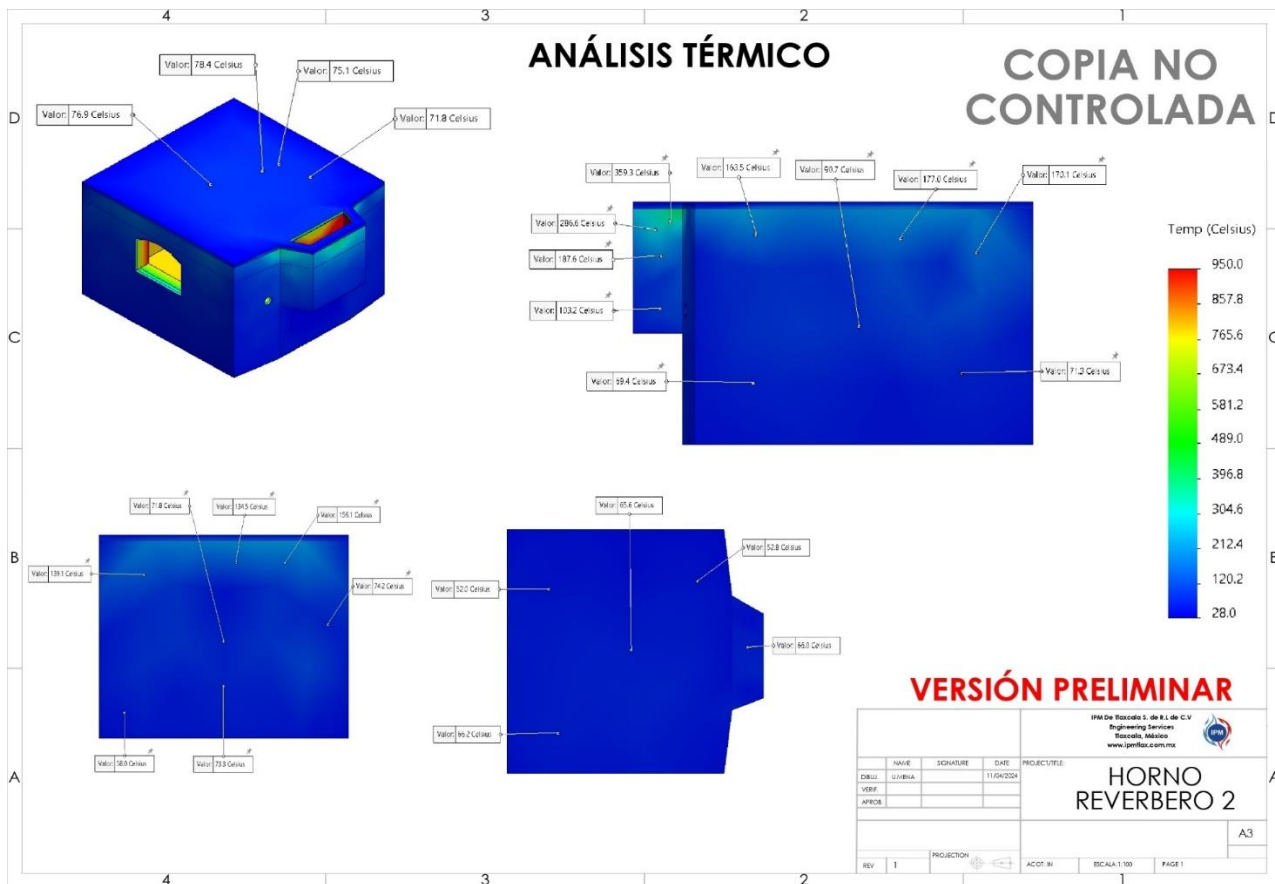


19.12 HORNO REVERBERO 2 ANÁLISIS TÉRMICO

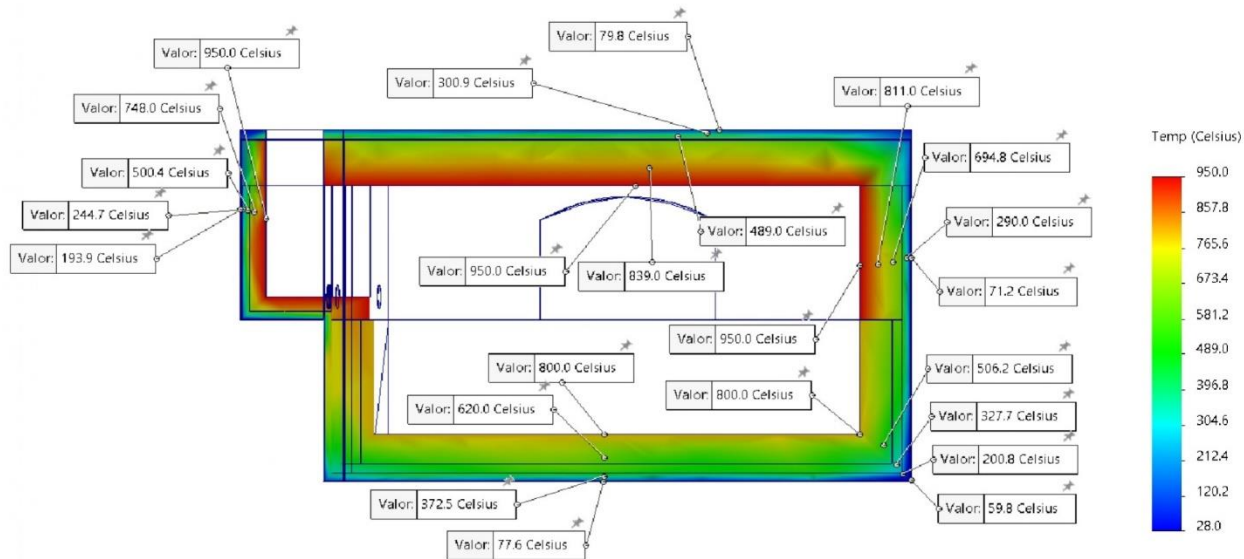


ANÁLISIS TÉRMICO

COPIA NO CONTROLADA



ANÁLISIS TÉRMICO



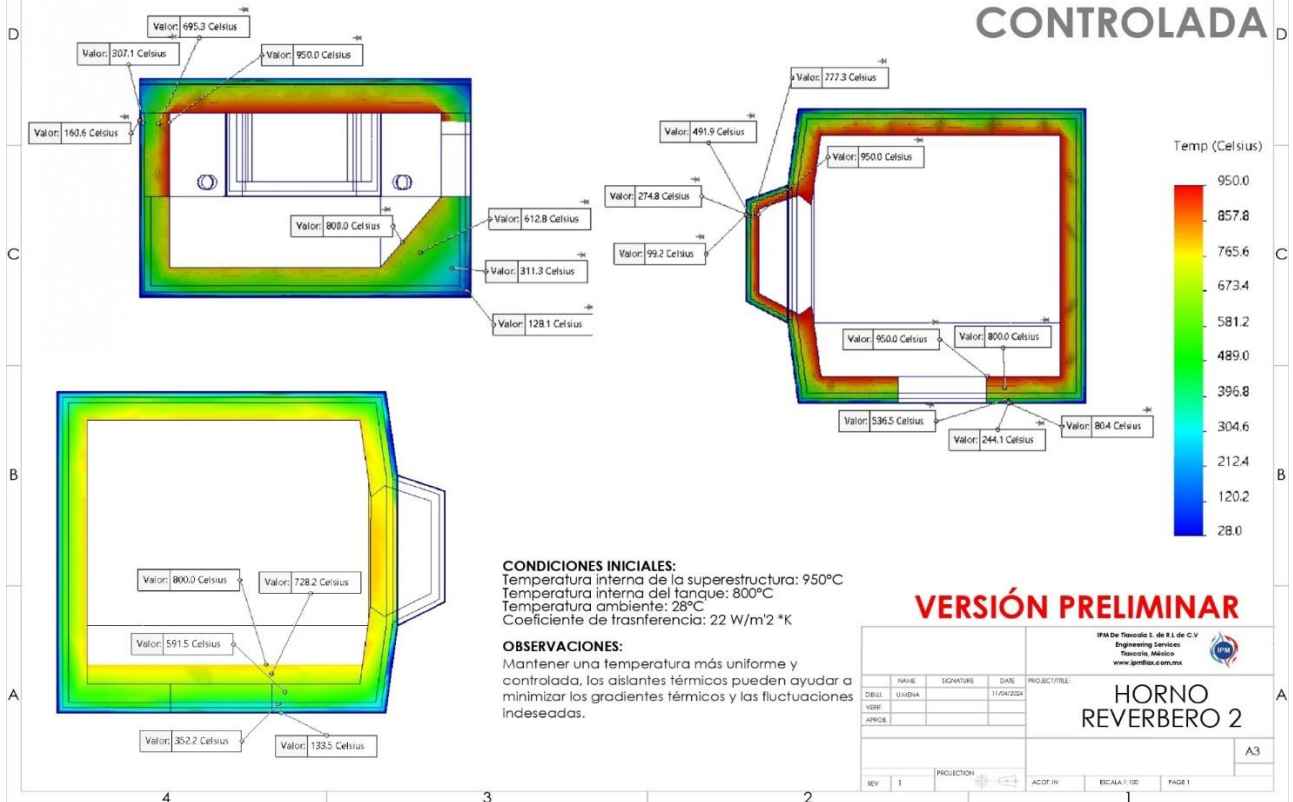
COPIA NO
CONTROLADA

VERSIÓN PRELIMINAR

IPM De Tecnología S. de R.L. de C.V. Engineering Services Toluca, México www.ipm.com.mx					
NAME	SIGNATURE	DATE	PROJECT TITLE		
DESIGN	REVISOR	11/04/2024	HORNO REVERBERO 2		
VERIFIED	APPROVED				
PROJECTION			A3		
REV	1		ACOT IN	ESCALA 1:100	PAGE 1

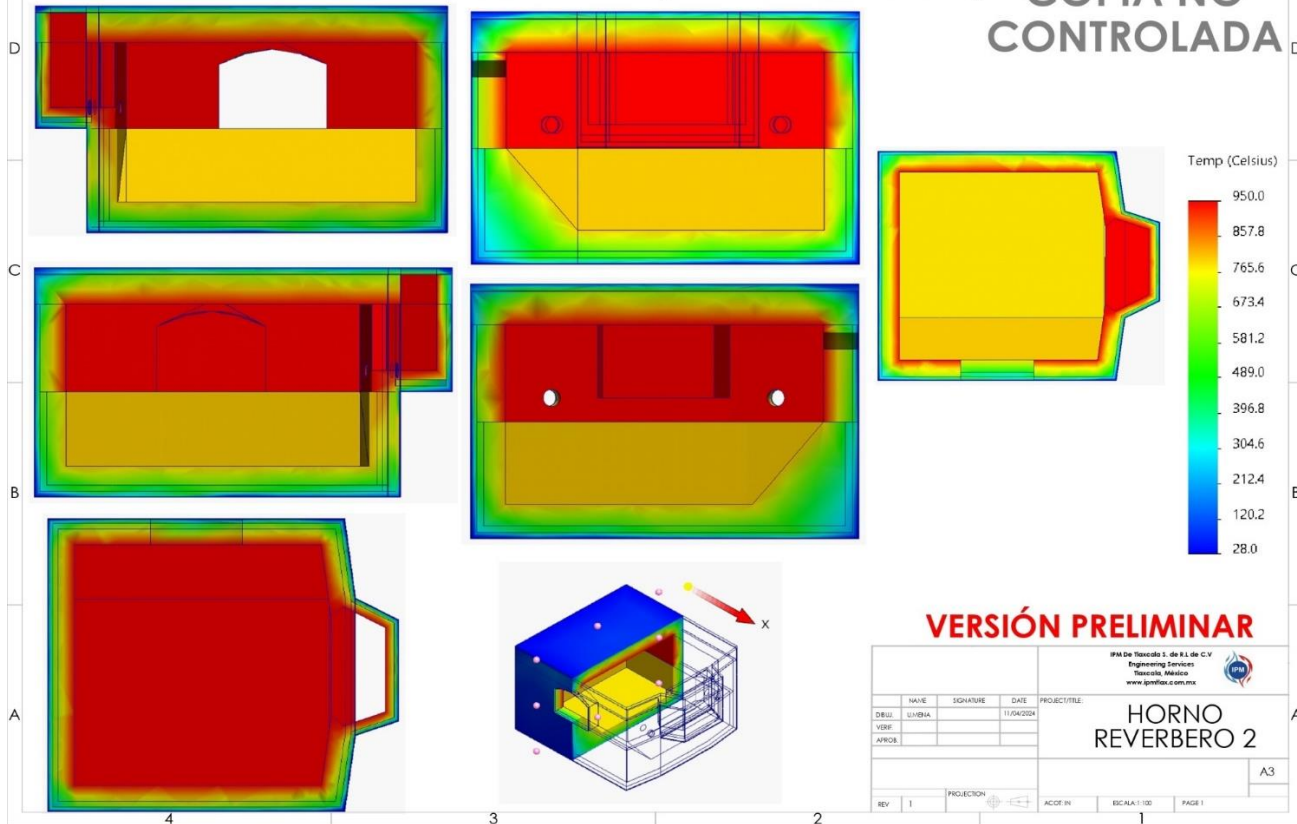
ANÁLISIS TÉRMICO

COPIA NO CONTROLADA

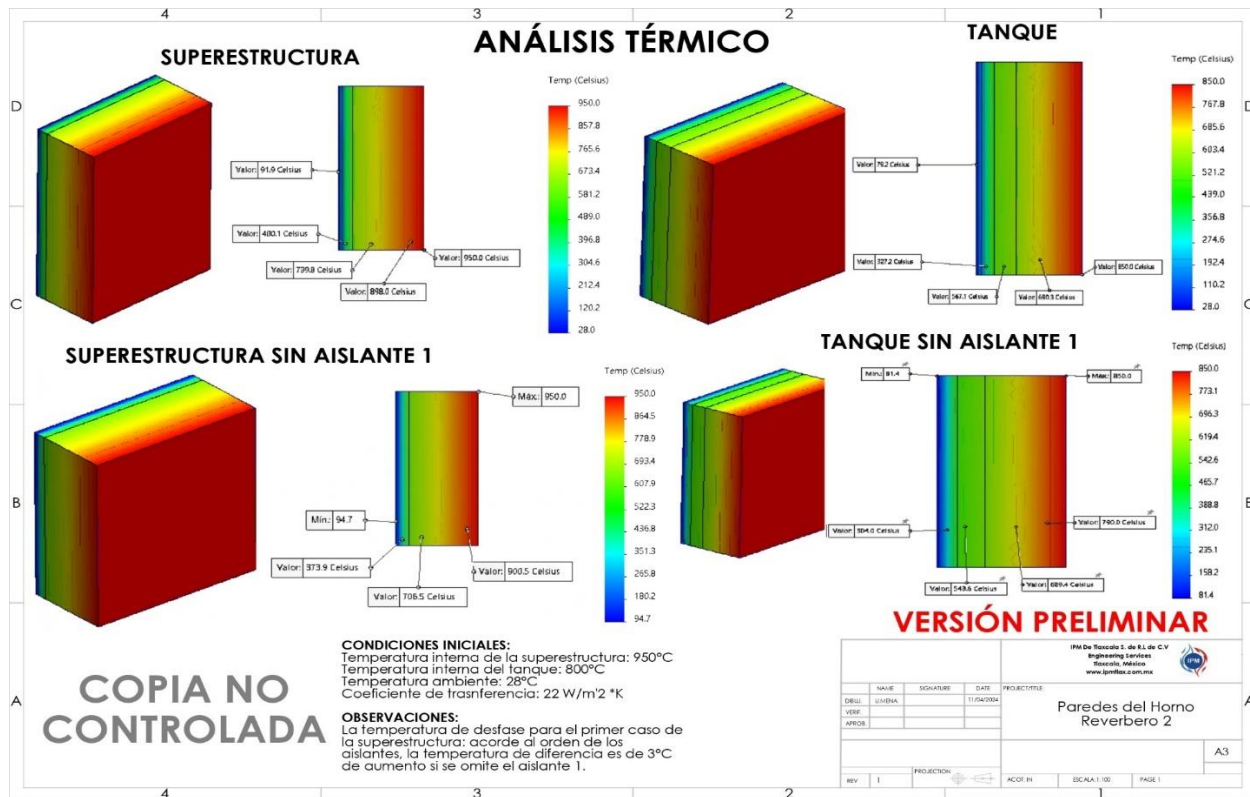


ANÁLISIS TÉRMICO (VISTAS DE CORTES)

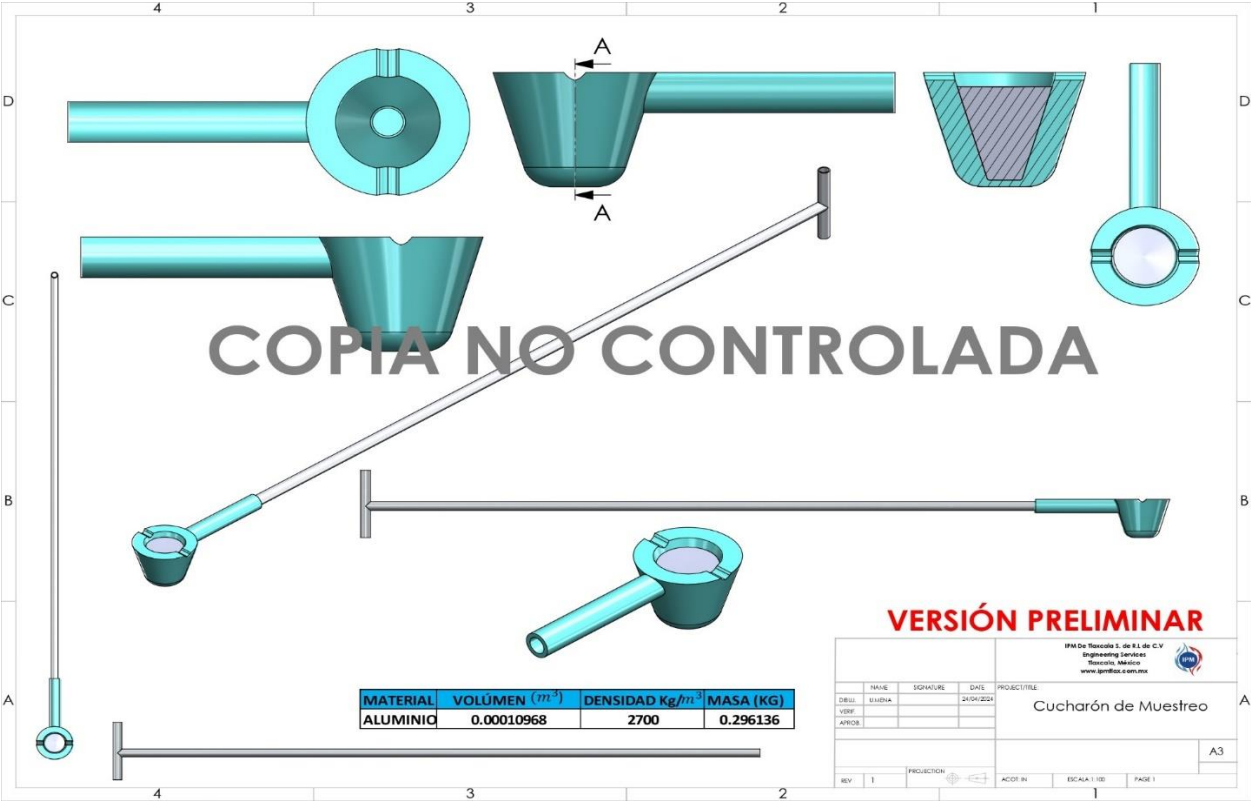
COPIA NO CONTROLADA



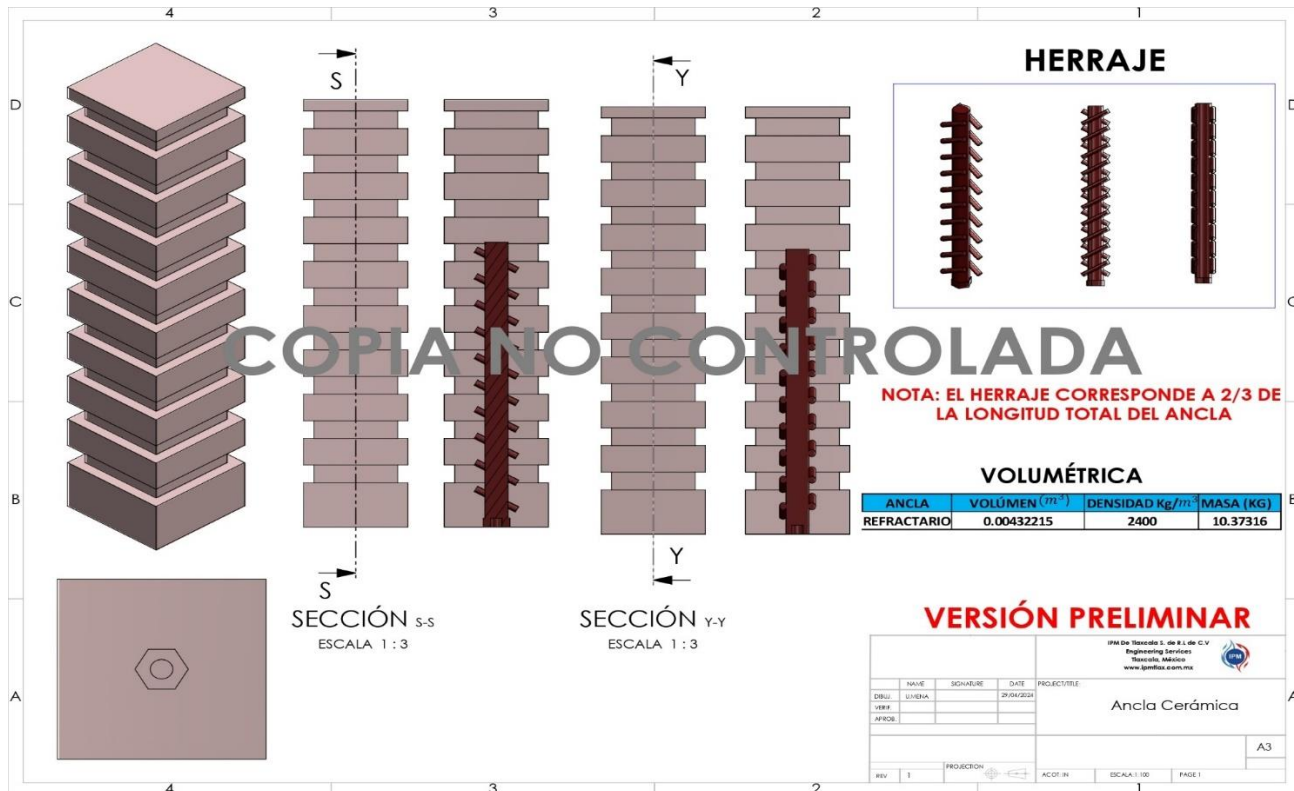
19.13 PAREDES DEL HORNO REVERBERO 2



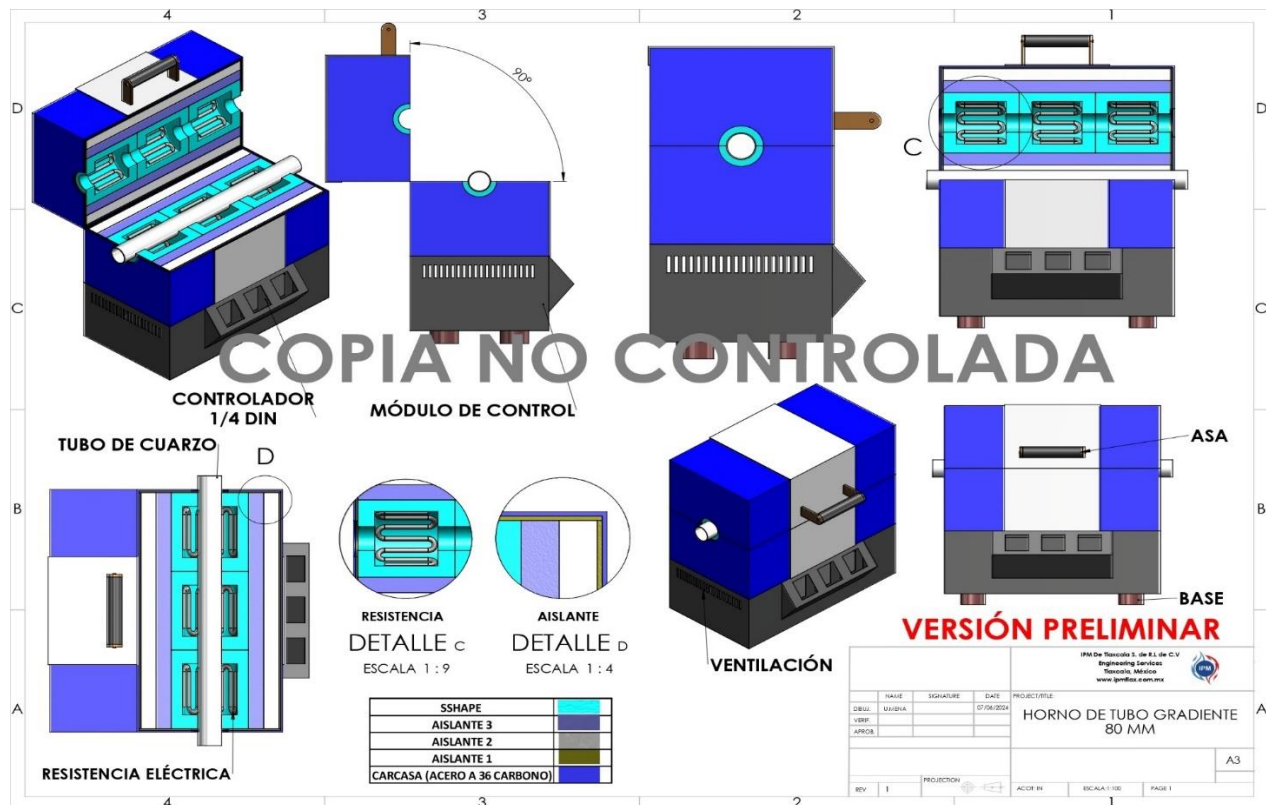
19.14 CUCHARÓN DE MUESTREO

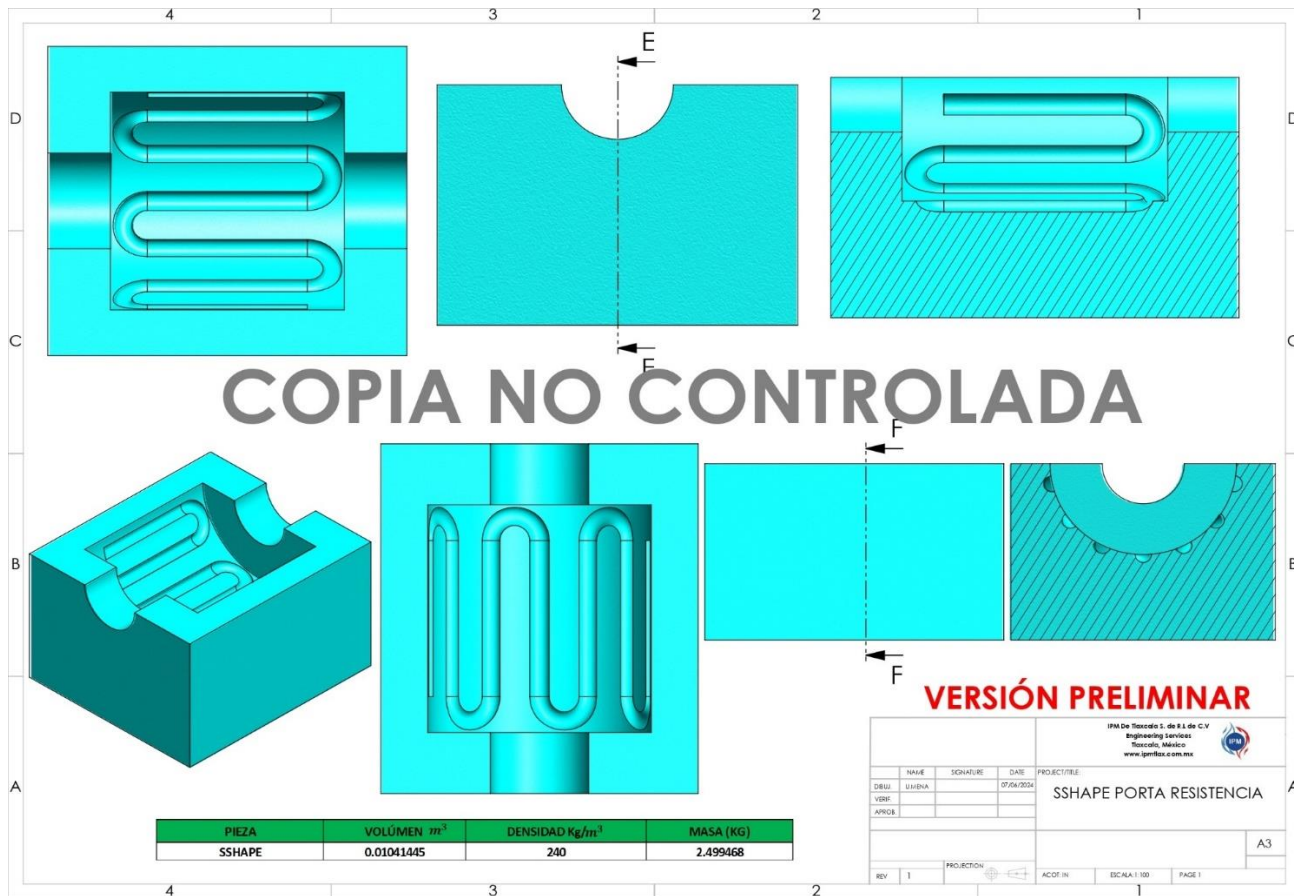


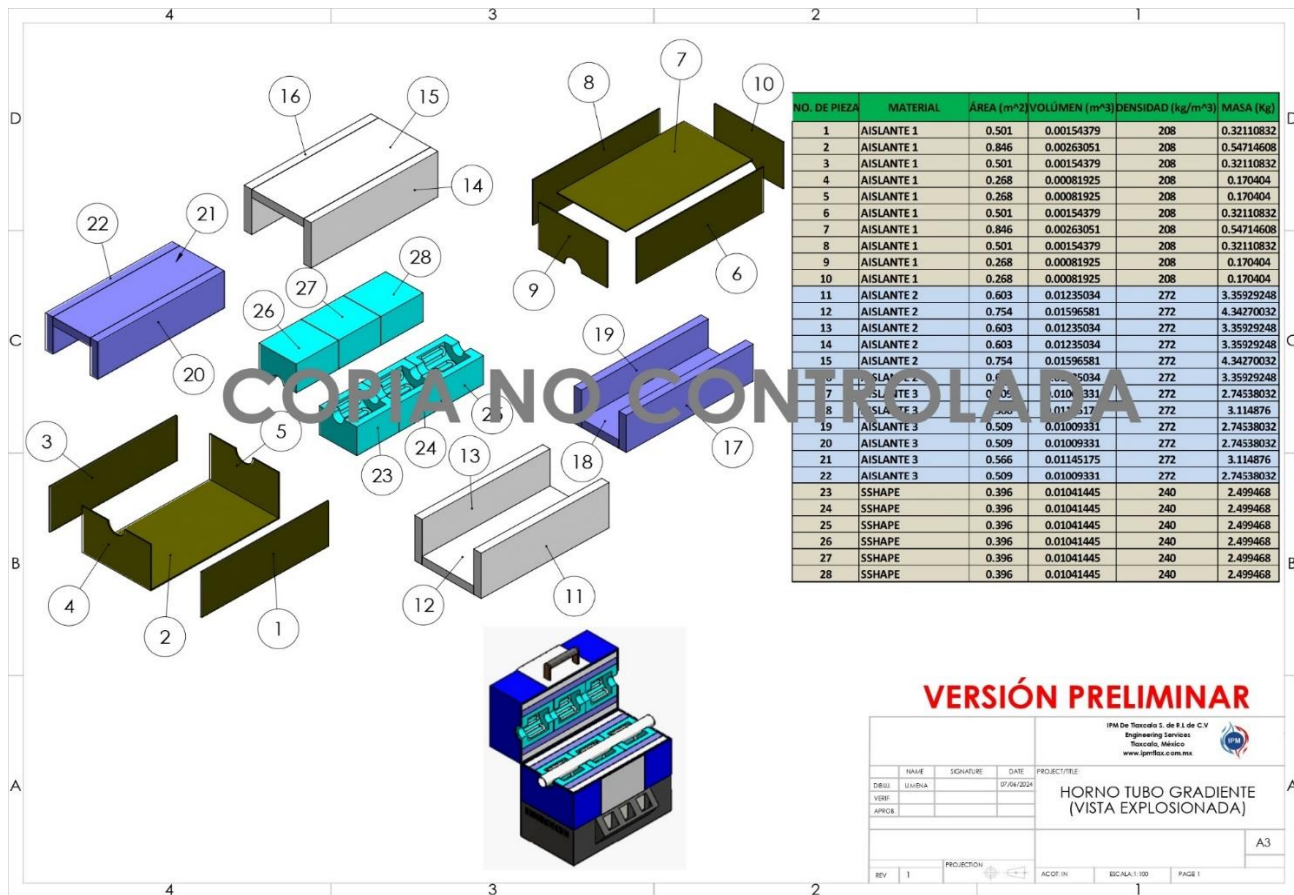
19.15 ANCLA CERÁMICA



19.16 HORNO DE TUBO GRADIENTE





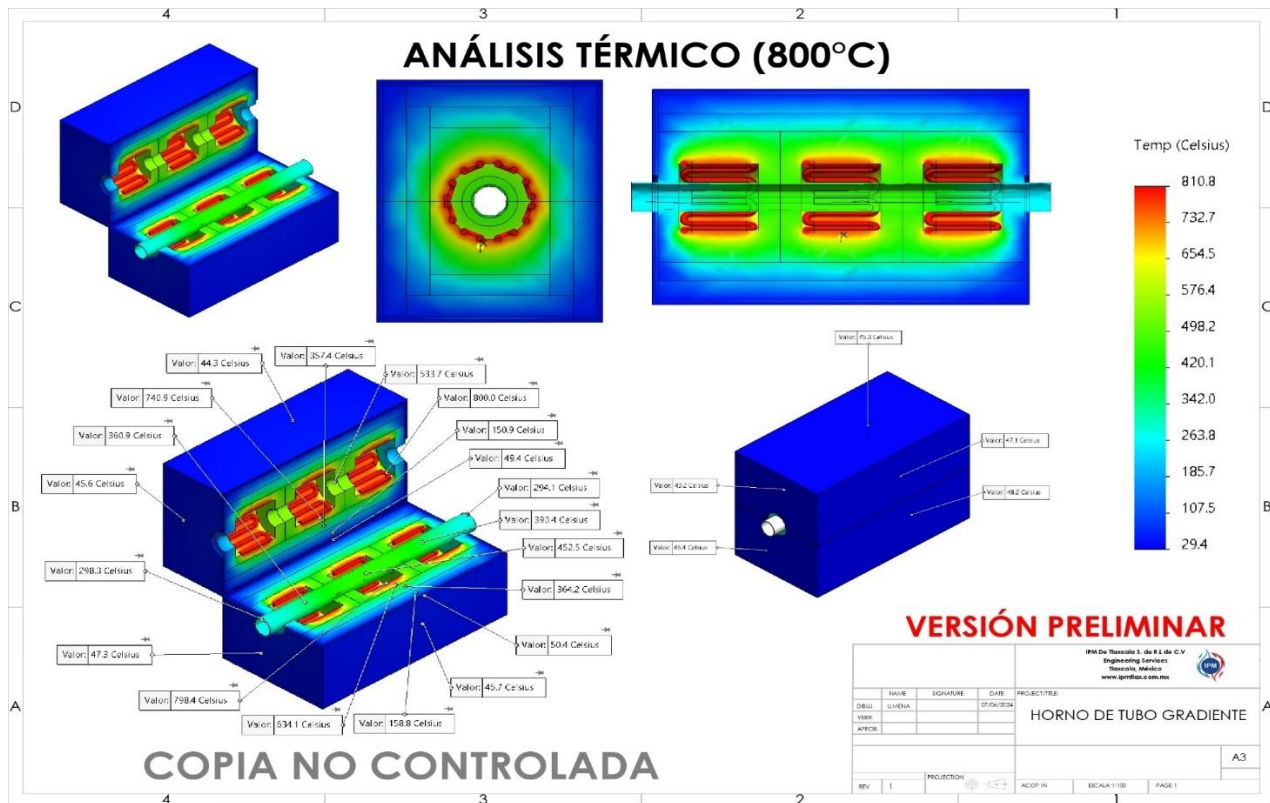


NO. DE PIEZA	MATERIAL	ÁREA (m²)	VOLUMEN (m³)	DENSIDAD (kg/m³)	MASA (Kg)
1	AISLANTE 1	0.501	0.00154379	208	0.32110832
2	AISLANTE 1	0.846	0.00263051	208	0.54714608
3	AISLANTE 1	0.501	0.00154379	208	0.32110832
4	AISLANTE 1	0.268	0.00081925	208	0.170404
5	AISLANTE 1	0.268	0.00081925	208	0.170404
6	AISLANTE 1	0.501	0.00154379	208	0.32110832
7	AISLANTE 1	0.846	0.00263051	208	0.54714608
8	AISLANTE 1	0.501	0.00154379	208	0.32110832
9	AISLANTE 1	0.268	0.00081925	208	0.170404
10	AISLANTE 1	0.268	0.00081925	208	0.170404
11	AISLANTE 2	0.603	0.01235034	272	3.35929248
12	AISLANTE 2	0.754	0.01596581	272	4.34270032
13	AISLANTE 2	0.603	0.01235034	272	3.35929248
14	AISLANTE 2	0.603	0.01235034	272	3.35929248
15	AISLANTE 2	0.754	0.01596581	272	4.34270032
16	AISLANTE 2	0.603	0.01235034	272	3.35929248
17	AISLANTE 3	0.309	0.0109331	272	2.74538032
18	AISLANTE 3	0.309	0.0109331	272	2.74538032
19	AISLANTE 3	0.509	0.0109331	272	2.74538032
20	AISLANTE 3	0.509	0.0109331	272	2.74538032
21	AISLANTE 3	0.566	0.01145175	272	3.114876
22	AISLANTE 3	0.509	0.0109331	272	2.74538032
23	SSHAPE	0.396	0.01041445	240	2.499468
24	SSHAPE	0.396	0.01041445	240	2.499468
25	SSHAPE	0.396	0.01041445	240	2.499468
26	SSHAPE	0.396	0.01041445	240	2.499468
27	SSHAPE	0.396	0.01041445	240	2.499468
28	SSHAPE	0.396	0.01041445	240	2.499468

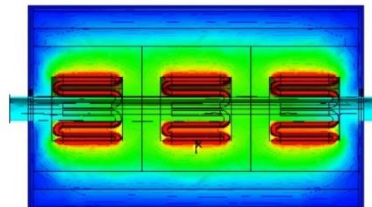
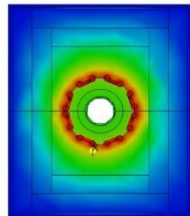
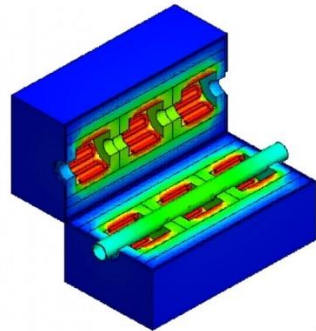
VERSIÓN PRELIMINAR

IPM De Tascado S. de R. L. de C.V. Engineering Services Tascado, México www.ipmfsa.com.mx		
NAME: _____ DISE: _____ VISE: _____ APROB: _____	SIGNATURE: _____ DATE: 07/06/2024	PROJECT: Horno TUBO GRADIENTE (VISTA EXPLOSIONADA)
REV: 1		PROJECTION:
ACOT: IN		ESCALA: 1:100
PAGE: 1		A3

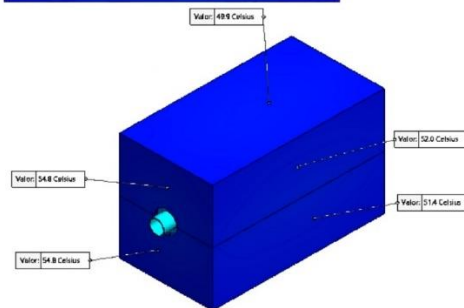
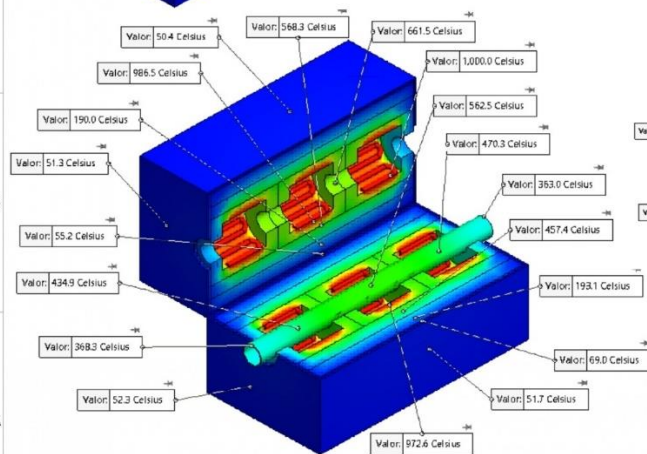
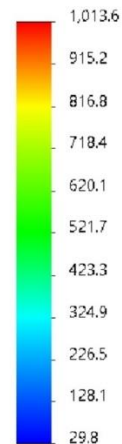
19.17 ANÁLISIS TÉRMICO



ANÁLISIS TÉRMICO (1000°C)



Temp (Celsius)

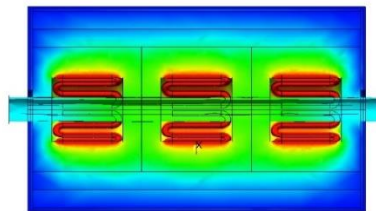
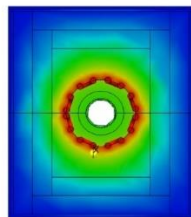
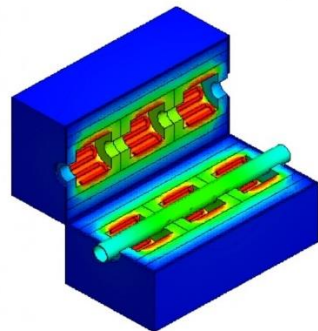


VERSIÓN PRELIMINAR

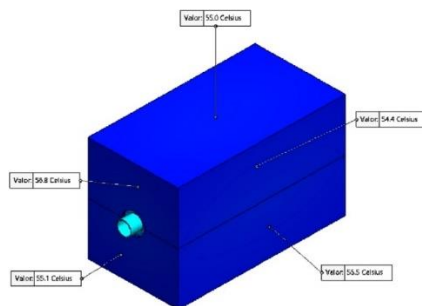
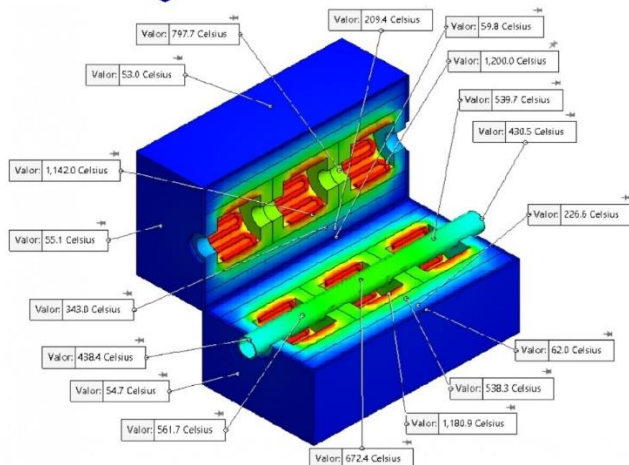
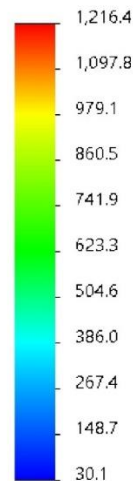
NAME: _____ DESIGNED: _____ VERIFIED: _____ APPROVED: _____		SIGNATURE: _____ DATE: 07/04/2024		PROJECT TITLE: HORNO DE TUBO GRADIENTE	
REV: 1				PROJECTION:	
ACOT: IN				ESCALA: 1:100	
PAGE: 1				A3	

COPIA NO CONTROLADA

ANÁLISIS TÉRMICO (1200°C)



Temp (Celsius)



VERSIÓN PRELIMINAR

INM De Tecnología S. de R.L. de C.V. Engineering Services Toluca, México www.inmtec.com.mx			
DISEÑO VERIFICACIÓN APROBACIÓN	NOMBRE UMBRA	FIRMA DATE 07/06/2021	PROYECTO:
PROYECTO:			HORNO DE TUBO GRADIENTE
REV. 1			A3
PROYECTO:			ACOPI: IN
ESCALA: 1:100			PAGE: 1

COPIA NO CONTROLADA

20 CONCLUSIONES

Este proyecto, titulado "Análisis Térmico y Estructural en Instalaciones con Procesos Térmicos," no solo cierra un ciclo de estudio exhaustivo, sino que también refleja el crecimiento personal y profesional que he experimentado a lo largo de esta investigación. Este trabajo me permitió profundizar en los complejos procesos térmicos y estructurales involucrados en el diseño e instalación de hornos de fundición, un campo crucial para la industria en la que se enmarca la empresa colaboradora. A través de este proyecto, he adquirido una comprensión más amplia y detallada de los desafíos y las soluciones prácticas que estos sistemas requieren.

Uno de los aspectos más significativos que aprendí es la importancia de utilizar materiales aislantes de alta calidad. Estos no solo son esenciales para mantener la eficiencia energética del sistema, sino que también garantizan la seguridad y durabilidad de las instalaciones. Durante el análisis térmico, se evidenció que la elección de aislantes adecuados no solo afecta la eficiencia del horno, sino también la estabilidad estructural a largo plazo, un factor crítico en cualquier proceso de fundición. Recomiendo enfáticamente que la empresa siga invirtiendo en investigación y desarrollo de nuevos materiales aislantes que puedan mejorar aún más el rendimiento de sus instalaciones.

El análisis estructural también reveló la importancia de un diseño minucioso y preciso. Las altas temperaturas a las que operan estos hornos requieren estructuras robustas que puedan soportar las tensiones térmicas sin comprometer su integridad. La experiencia adquirida en este ámbito me permitió apreciar la delicada interacción entre los aspectos térmicos y estructurales, y cómo cualquier descuido en uno de estos aspectos puede tener consecuencias significativas en el otro. Mi recomendación es continuar con la evaluación periódica y simulaciones que aseguren la integridad estructural a lo largo de la vida útil de los hornos.

A lo largo de este proyecto, también he tenido la oportunidad de aplicar y expandir mis conocimientos en software de simulación, como SolidWorks, que resultaron fundamentales para modelar y analizar las condiciones a las que están sometidos los hornos.

Esta experiencia me ha permitido desarrollar habilidades técnicas avanzadas que no solo son aplicables a este proyecto, sino que también enriquecerán mi carrera profesional en el futuro. Estoy convencido de que la combinación de teoría y práctica que este proyecto me brindó es invaluable para mi desarrollo como ingeniero.

Desde una perspectiva personal, este proyecto me enseñó la importancia de la perseverancia y la atención al detalle.

Cada etapa del análisis, desde la recolección de datos hasta la interpretación de los resultados, requirió un enfoque meticuloso y

un compromiso constante con la excelencia. La complejidad de los problemas abordados y las soluciones desarrolladas me desafiaron a pensar críticamente y a trabajar de manera colaborativa con expertos de la industria, lo que enriqueció mi experiencia y mi visión profesional.

Insistiendo que este proyecto, no solo ha sido un logro académico, sino una experiencia formativa que ha moldeado mis habilidades técnicas y mi perspectiva profesional. Las recomendaciones presentadas están basadas en un análisis riguroso y en la experiencia adquirida durante el desarrollo de este trabajo. Confío en que los conocimientos y habilidades que he desarrollado aquí contribuirán significativamente a la mejora continua de las instalaciones térmicas en la empresa y, a su vez, impulsarán mi crecimiento en el campo de la ingeniería.

21 COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Durante el desarrollo del proyecto y de las distintas actividades realizadas que conllevaron un Análisis Térmico y Estructural en Instalaciones con Procesos Térmicos, he tenido la oportunidad de desarrollar y aplicar una serie de competencias esenciales que han enriquecido significativamente mi formación profesional. Una de las principales habilidades adquiridas ha sido el dominio del análisis térmico y estructural, aspectos cruciales en el diseño e instalación de hornos de fundición. La capacidad para evaluar cómo el calor se distribuye y cómo afecta a las estructuras me ha permitido comprender profundamente los desafíos y soluciones asociados con la operación de estos sistemas a altas temperaturas.

El uso de software de simulación, como SolidWorks, ha sido fundamental en el desarrollo de este proyecto. Aprender a modelar y analizar escenarios térmicos complejos me ha proporcionado competencias técnicas avanzadas que son altamente valoradas en la industria. La capacidad para realizar simulaciones precisas e interpretar sus resultados me ha permitido optimizar el diseño de los hornos, garantizando que los materiales aislantes y las estructuras sean capaces de soportar las condiciones operativas extremas. Recomendando encarecidamente que se continúe con la formación en herramientas de simulación y análisis para mejorar aún más la precisión y eficacia en futuros proyectos.

La experiencia adquirida en la selección y evaluación de materiales aislantes ha sido otra competencia clave desarrollada durante el proyecto. Trabajar con aislantes de alta calidad y entender su impacto en la eficiencia térmica y la durabilidad de los hornos me ha enseñado la importancia de elegir materiales adecuados para cada aplicación. Esta experiencia me ha permitido identificar áreas donde se pueden realizar mejoras y recomendaciones para optimizar el rendimiento de las instalaciones, como la implementación de nuevos materiales que puedan ofrecer mejores propiedades térmicas y estructurales.

Además, el proyecto me ha proporcionado habilidades en la resolución de problemas y en la toma de decisiones técnicas. Enfrentar los desafíos que surgieron durante el análisis térmico y estructural requirió un enfoque analítico y una capacidad para adaptarse a nuevas informaciones y condiciones. Esta competencia es crucial para abordar problemas complejos y encontrar soluciones efectivas en el ámbito de la ingeniería.

La colaboración y el trabajo en equipo también han sido competencias esenciales desarrolladas durante el proyecto. Interactuar con otros profesionales de la industria y expertos en el área me ha permitido mejorar mis habilidades de comunicación y colaboración, fundamentales para el éxito de cualquier proyecto de ingeniería.

En donde recomiendo continuar con la participación en equipos multidisciplinarios para ampliar las perspectivas y enriquecer la experiencia profesional.

Por último, en forma descriptiva general, este proyecto no solo ha sido una oportunidad para aplicar conocimientos teóricos, sino también para desarrollar competencias prácticas que son esenciales en el campo de la ingeniería. Las habilidades adquiridas en análisis térmico, simulación, selección de materiales, resolución de problemas y trabajo en equipo han sido fundamentales para el éxito del proyecto y para mi crecimiento profesional. Confío en que estas competencias seguirán siendo valiosas en mi carrera futura y contribuirán significativamente a la mejora continua en el diseño e instalación de hornos de fundición.

22 GLOSARIO

C.

Calor: es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura.

Calor Específico (cp): Es la energía requerida para elevar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia de una manera específica. Capacidad que tiene un material para acumular energía en su unidad de masa.

Colineal: Dicho de un punto: que se encuentra en la misma recta que otros.

D.

Densidad (ρ): masa de material que existe por unidad de volumen.

E.

Escoria: Sustancia vítrea que sobrenada en el crisol de los hornos de fundir metales, y procede de la parte menos pura (impureza) de estos unida con las gangas y fundentes.

R.

Resistencia Térmica (Rt): Cociente entre el espesor y la conductividad térmica del material, cuanto mayor sea su valor mayor es la capacidad aislante.

Revestimiento: Acción y efecto de cubrir. Cubierta o capa que permite decorar o proteger una superficie.

T.

Temperatura: Magnitud física que expresa el grado de frío o calor de los cuerpos o del ambiente, y cuya unidad en el sistema internacional es el Kelvin (K).

23 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(s.f.).

Ávila, L. G. (2017). *Higiene y Seguridad Industrial*. Colombia: Areandino.

Barta. (23 de Noviembre de 2023). *Tipos de Hornos Industriales*. Recuperado el 14 de Junio de 2024, de CarboSystem: <https://carbosystem.com/tipos-de-hornos-industriales/>

CADimensions. (7 de Septiembre de 2023). Recuperado el 14 de Junio de 2024, de CAD Simulation Explained. Everything You Need To Know: <https://resources.cadimensions.com/cadimensions-resources/cad-simulation-explained-everything-you-need-to-know>

Cano, M. P. (2017). *Aislantes Térmicos*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid .

- Cengel, Y. A., & Afshin J. Ghajar. (2011). *Transferencia de Calor y Masa (Fundamentos y Aplicaciones)*. En Y. A. Cengel, & A. J. Ghajar, *Transferencia de Calor y Masa (Fundamentos y Aplicaciones)* (págs. 27-28). México: Mc Graw Hill.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. (2009). *Termodinámica*. En Y. A. ÇENGEL, *Termodinámica* (págs. 92-94). México: Mc Graw Hill.
- COFIDE. (9 de Agosto de 2023). *Reglamento interno de trabajo: qué es y cómo elaborar uno*. Recuperado el 23 de Junio de 2024, de Capacitación Empresarial: <https://www.cofide.mx/blog/reglamento-interno-de-trabajo#:~:text=El%20reglamento%20interno%20de%20trabajo%20hace%20referencia%20a%20un%20conjunto,cumplirse%20dentro%20de%20una%20empresa>.
- Erica. (2019). *Aislamiento y Estanqueidad Erica, S.L.* Recuperado el 25 de Abril de 2024, de Aislamiento y Estanqueidad Erica, S.L: <https://www.erica.es/aislamiento-termico/>
- Ferrer, J. A. (2000). *Curso Básico de Análisis Térmico*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Guanajuato, I. (s.f.). *Instituto Estatal de Capacitación*. Recuperado el 3 de Enero de 2024, de <https://ieca.guanajuato.gob.mx/ieca/seguridad-industrial-que-es-y-para-que-sirve/>
- IECA. (5 de Mayo de 2021). *IECA GUANAJUATO*. Recuperado el 23 de Junio de 2024, de Instituto Estatal de Capacitación:

<https://ieca.guanajuato.gob.mx/ieca/seguridad-industrial-que-es-y-para-que-sirve/>

MASSÓ, & Yago. (2012). *Guía sobre Materiales Aislantes y Eficincia Energética*. Madrid: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

MINT. (30 de Agosto de 2023). *Qué es el modelado 3D: una introducción completa*. Recuperado el 11 de Junio de 2024, de <https://mintforpeople.com/noticias/modelado-3d-que-es/>

Saavedra, J. A. (7 de Agosto de 2023). *EBAC Escuela Británica de Artes Creativas y Tecnología*. Recuperado el 11 de Junio de 2024, de ¿Qué es el modelado 3D y cómo funciona?: <https://ebac.mx/blog/que-es-el-modelado-3d>

Starprotegido. (13 de Abril de 2022). *¿Qué son las tareas de alto riesgo?* Recuperado el 23 de Junio de 2024, de Blog Starprotegido Consultores SAS. Starprotegido: <https://starprotegido.org/que-son-las-tareas-de-alto-riesgo/>

Systemes, D. (5 de Julio de 2022). *Fundición*. Recuperado el 23 de Junio de 2024, de Dassault Systemes: <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/casting>

Tareas de alto riesgo en empresas Pymes. (s.f.). Recuperado el 3 de Enero de 2024, de SURA: <https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article/66-centro-de-documentacion-anterior/prevencion-de-riesgos/484--sp->

