

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA-
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA



DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR AL VIDRIO A SU PUNTO ELASTICO PARA EL POST MOLDEADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES

Tesis presentada por el Bachiller:

GRIMALDO MANUEL ALPACA MÁRQUEZ

Para optar el Título Profesional de:

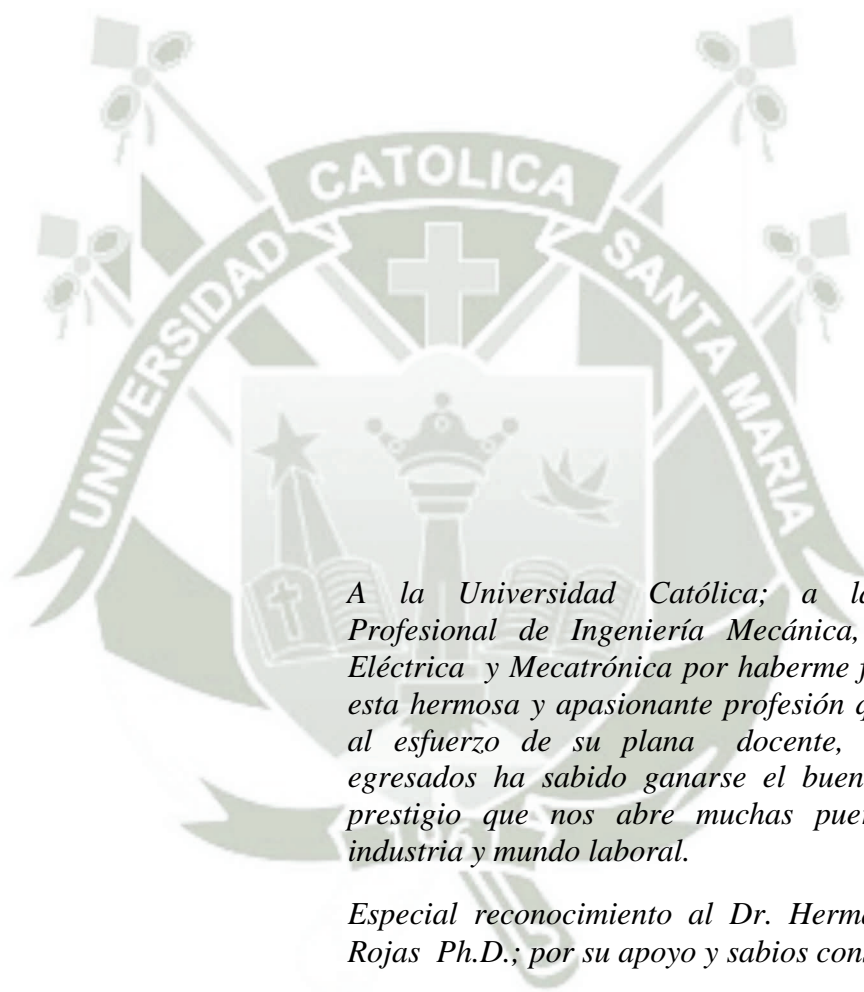
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AREQUIPA – PERÚ
2015



En estas líneas quiero agradecer a mi familia; en especial a mis padres, tías y abuelos quienes estuvieron en todo momento apoyándome durante mi vida universitaria y laboral, por su incansable aliento y ánimos, a mi abuela Elena que desde el cielo me acompaña y guía mis pasos.

Grimaldo M. Alpaca Márquez



A la Universidad Católica; a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica por haberme formado en esta hermosa y apasionante profesión que gracias al esfuerzo de su plana docente, alumnos y egresados ha sabido ganarse el buen nombre y prestigio que nos abre muchas puertas en la industria y mundo laboral.

Especial reconocimiento al Dr. Herman Alcázar Rojas Ph.D.; por su apoyo y sabios consejos.

Grimaldo M. Alpaca Márquez

ÍNDICE

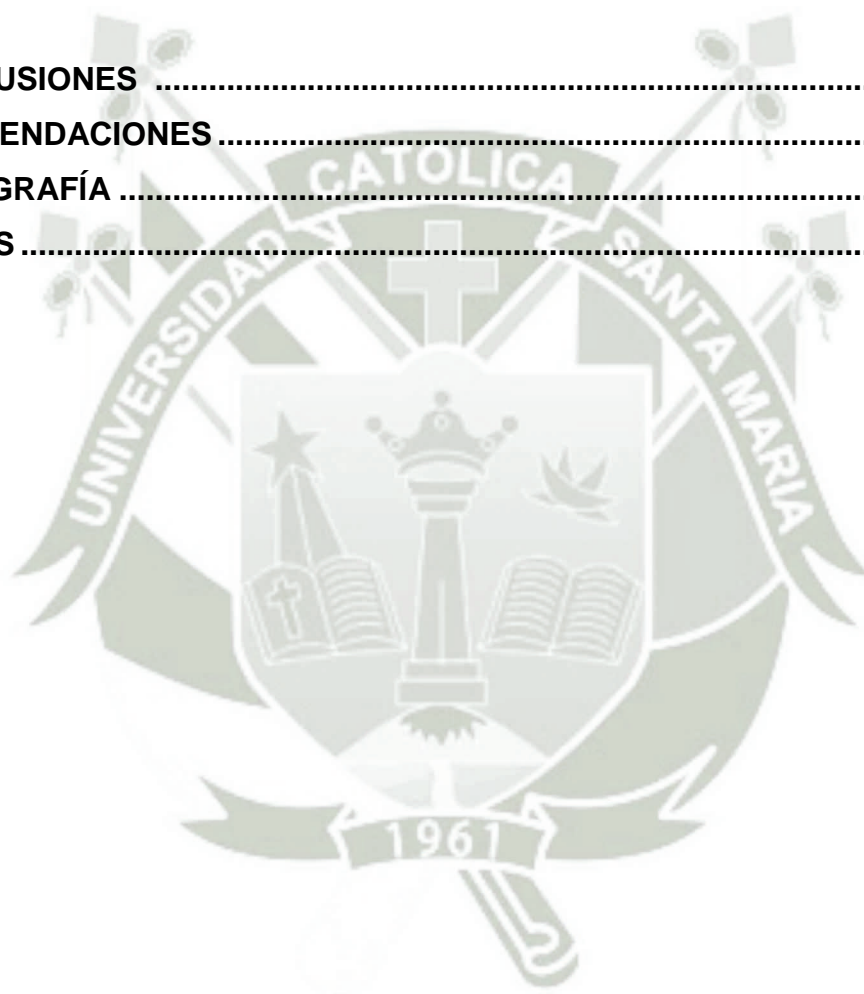
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I GENERALIDADES	1
1.1. JUSTIFICACIÓN Y RELEVANCIA DEL PROYECTO.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	1
1.2.1. Objetivo general	1
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. HIPÓTESIS.....	2
1.4. VARIABLES.....	2
1.4.1. Variable independiente.....	2
1.4.2. Variable dependiente	2
CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	3
2.1. ENERGÍA SOLAR.....	3
2.1.1. El sol	3
2.1.2. ¿Qué es la energía solar?.....	4
2.1.3. Energía solar en el Perú.....	4
2.1.4. Energía solar térmica	5
2.1.4.1. Energía solar térmica de baja temperatura	5
2.1.4.2. Energía solar térmica de media - alta temperatura o solar termoeléctrica	5
2.2. HORNOS INDUSTRIALES	10
2.2.1. Hornos intermitentes	10
2.2.2. Hornos continuos	11
2.2.2.1. Transmisiones mecánicas	12
2.2.3. Hornos eléctricos.....	19
2.2.3.1. Eficiencia	19

2.2.3.2. Las partes básicas de un horno eléctrico	20
2.2.3.3. Hornos eléctricos de arco	20
2.2.3.4. Hornos eléctricos de inducción	21
2.2.3.5. Hornos eléctricos de resistencias	22
2.2.4. Aislantes térmicos	26
2.2.4.1. Clasificación según las temperaturas máximas de empleo	27
2.2.5. Aceros para el diseño y construcción de hornos	29
2.2.5.1. Aceros estructurales	29
2.2.5.2. Aceros especiales.....	32
2.3. EL VIDRIO	35
2.3.1. ¿Qué es el vidrio?	35
2.3.2. Tipos de vidrios según su composición química	37
2.3.2.1. Vidrio sodo-cálcico.....	37
2.3.2.2. Vidrio plomado.....	38
2.3.2.3. Vidrio borosilicato	39
2.3.3. Propiedades generales de los vidrios.....	39
CAPÍTULO III INGENIERÍA BÁSICA	43
3.1. DIMENSIONAMIENTO BÁSICO O INTERIOR DEL HORNO	43
3.2. CÁLCULO TÉRMICO DEL HORNO	44
3.2.1. Cálculo preliminar de pérdida de calor	47
3.2.2. Cálculo de los espesores de aislamiento y selección de espesores de planchas metálicas	50
3.2.2.1. Comprobación de los espesores seleccionados.....	55
3.2.3. Pérdidas de calor en el horno por paredes	57
3.2.3.1. Pérdidas en paredes horizontal	58
3.2.3.2. Pérdidas en paredes lateral.....	61
3.2.3.3. Pérdidas en las paredes transversales.....	63
3.2.3.4. Pérdida de calor total en las paredes del horno.....	65

3.2.4. Calor necesario para el calentamiento de los materiales del horno	65
3.2.4.1. Calor necesario para el calentamiento del vidrio	67
3.2.4.2. Calor necesario para el calentamiento del sistema motriz (polines)	68
3.2.4.3. Calor necesario para calentar las planchas de acero que recubren el horno	69
3.2.4.4. Calor necesario para el calentamiento de la fibra cerámica	72
3.2.4.5. Calor necesario para el calentamiento de la lana de vidrio	73
3.2.4.6. Calor total (Qt) y su distribución en los materiales	74
3.3. CÁLCULO ELÉCTRICO DEL HORNO	75
3.3.1. Potencia del horno	76
3.3.1.1. Cálculo del rendimiento del horno	76
3.3.2. Cálculo y selección de las resistencias	77
3.3.2.1. Corriente de línea	77
3.3.2.2. Corriente en la resistencia	78
3.3.2.3. Voltaje de línea a neutro	78
3.3.2.4. Potencia de resistencia RT	79
3.3.2.5. Valor de resistencia RT	79
3.3.2.6. Disposición de la resistencia	79
3.3.2.7. Resistencias eléctricas a 20°C	80
3.3.2.8. Resistencia eléctrica a la temperatura 650°C	80
3.3.2.9. Superficie radiante de las resistencias	80
3.3.2.10. Longitud de la resistencia	82
3.3.2.11. Diámetro de la espiral	83
3.3.2.12. Número de espiras	83
3.3.2.13. Paso de las espiras	84
3.3.3. Cálculo de calibre del conductor para alimentar el horno	85
3.3.3.1. Por capacidad de corriente	85
3.3.3.2. Por caída de tensión	86

3.3.4. Selección de barras para la distribución de la corriente	86
3.3.4.1. Selección de accesorios para la instalación de las barras.....	87
3.4. CÁLCULO MECÁNICO DEL SISTEMA MOTRIZ	87
3.4.1. Hallando el peso de las piezas mecánicas	88
3.4.2. Cálculo de parámetros y selección del motor de accionamiento...	90
3.4.2.1. Hallando el momento giro par.....	90
3.4.2.2. Hallando la velocidad angular	90
3.4.2.3. Hallando las rpm del motor	90
3.4.2.4. Hallando la potencia mecánica	91
3.4.3. Cálculo y selección de los elementos de la transmisión.....	91
3.4.3.1. Cálculo de fajas entre poleas	91
3.4.3.2. Selección del motoreductor	92
3.4.3.3. Hallando longitud de correa.....	93
3.4.3.4. Selección de diámetro de polea motriz.....	93
3.4.3.5. Selección de chavetas para poleas	95
3.4.3.6. Selección de rodamientos	95
3.5. CÁLCULO DE ESTRUCTURA SOPORTE	101
3.5.1. Cálculo de soldadura.....	102
3.6. SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	104
3.6.1. Elementos necesarios	105
3.6.1.1. Esquema de conexiones y comunicaciones	108
CAPÍTULO IV INGENIERÍA DE DETALLES.....	110
4.1. DIBUJOS 3D.....	110
4.1.1. Primer diseño	110
4.1.2. Segundo diseño	111
4.1.3. Tercer diseño	111
4.1.4. Selección del diseño	112

4.2. SIMULACIONES POR ELEMENTOS FINITOS.....	112
4.2.1. Térmicas.....	112
4.2.2. Estructurales	113
CAPÍTULO V PLANOS Y COSTOS	115
5.1. PLANOS MECÁNICOS.....	115
5.2. PLANOS ELÉCTRICOS	120
5.3. COSTOS.....	129
CONCLUSIONES	131
RECOMENDACIONES	132
BIBLIOGRAFÍA	133
ANEXOS	135



LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Características de los aceros más comunes.....	32
Tabla 2.2	Composición de los aceros inoxidables Ferríticos, austeníticos y martensíticos.....	35
Tabla 3.1	Coeficientes de transferencia de calor	46
Tabla 3.2	Comparación de diferentes espesores y temperaturas de trabajo	56
Tabla 3.3	Calores específicos y densidades de los materiales.....	67
Tabla 3.4	Cuadro de pesos de partes de horno.....	89
Tabla 5.1	Costo de diseño	116
Tabla 5.2	Costo de adquisición y fabricación de elementos del horno.....	117
Tabla 5.3	Costos del tablero eléctrico de control del horno	118
Tabla 5.4	Costos de montaje	119
Tabla 5.5	Costo total de fabricación.....	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	El sol	3
Figura 2.2	Sistema térmico de baja temperatura	5
Figura 2.3	Sistema Térmico de mediana y alta temperatura.....	6
Figura 2.4	Esquema de una central termosolar	6
Figura 2.5	Central termoeléctrica de torre.....	7
Figura 2.6	Central de disco parabólico	8
Figura 2.7	Plataforma solar del CIEMAT en Almería (España).....	9
Figura 2.8	Esquema de funcionamiento de receptor cilindroparabólico.....	9
Figura 2.10	Horno intermitente.....	11
Figura 2.11	Horno de túnel continuo	12
Figura 2.12	Sistema de transmisión de potencia mecánica	13
Figura 2.13	Transmisión por correa	14
Figura 2.14	Esquemas para transmisiones por correas.....	14
Figura 2.15	Clasificación de las correas	16
Figura 2.16	Transmisión por cadena.....	16
Figura 2.17	Transmisión por tren de engranes	17
Figura 2.18	Clases de cadenas.....	18
Figura 2.19	Horno eléctrico de arco	21
Figura 2.20	Horno eléctrico de inducción	22
Figura 2.21	1) horno radiante de resistencia no metálica, 2) horno de crisol con resistencia metálica, 3) horno de cámara con resistencia metálica.....	22
Figura 2.22	Elementos principales de un horno de resistencia y el curso del flujo térmico.....	23
Figura 2.23	Resistencia de alambre enrollado en forma helicoidal.....	24
Figura 2.24	Resistencia de cinta o pletina en forma de zigzag	24
Figura 2.25	Tubo radiante con resistencia de alambre en espiral sobre soporte cerámico.....	25
Figura 2.26	Resistencias blindadas	26

Figura 2.28	Fibra cerámica	27
Figura 2.29	Lana de vidrio	28
Figura 2.30	Lana de roca	28
Figura 2.31	Poliestireno expandido.....	29
Figura 2.32	Principales formas del acero estructural	30
Figura 2.33	Vidrio.....	36
Figura 3.1	Medidas del vidrio plano	44
Figura 3.2	Medidas internas del horno.....	44
Figura 3.3	Esquema térmico de las paredes del horno.....	45
Figura 3.4	Pared horizontal con espesores supuestos	48
Figura 3.5	Resistencias térmicas en serie.....	52
Figura 3.6	Área de transferencia de calor horizontal.....	52
Figura 3.7	Esquema de temperaturas y espesores resultantes	57
Figura 3.8	Flujo de calor a través de resistencias térmicas.....	58
Figura 3.9	Área del techo o base	59
Figura 3.10	Área de las paredes laterales.....	61
Figura 3.11	Área de las paredes transversales.....	63
Figura 3.12	Distribuciones de calores por materiales	74
Figura 3.13	Distribución de resistencias, voltajes y corrientes.....	77
Figura 3.14	Alambre en espiral sobre tubos.....	80
Figura 3.15	Carga específica de resistencias según su disposición	81
Figura 3.16	Dimensiones de la resistencia.....	84
Figura 3.17	Sistema motriz de traslación hacia el horno mediante polines y motor eléctrico.....	87
Figura 3.18	Traslación del vidrio en el interior del horno.....	88
Figura 3.19	Dibujo de distribución de poleas	93
Figura 3.20	Dimensiones de polea motriz hacia polea principal	94
Figura 3.21	Dimensiones de polea principal hacia polea de rodillos.....	95
Figura 3.22	Planteamiento de distribución de fuerzas	96
Figura 3.23	Diagrama de distribución de fuerzas.....	97
Figura 3.24	Fuerzas aplicadas en rodillo de 1 pulg de diámetro	97
Figura 3.25	Fuerzas aplicadas en polea de 0.05 m de diámetro.....	97

Figura 3.26	Fuerzas aplicadas en x	98
Figura 3.27	Fuerzas aplicadas en x, z	99
Figura 3.28	Valores de fuerzas aplicadas en rodillo y componentes	100
Figura 3.29	Diagrama de fuerzas y momentos flectores en lado lateral	101
Figura 3.30	Diagrama de fuerzas y momentos flectores en lado lateral	102
Figura 3.31	Diagrama de soldadura del perfil	103
Figura 3.32	Diagrama de flujo de control	105
Figura 3.33	Controlador PID Yokogawa.....	106
Figura 3.34	PT100 Jumo.....	106
Figura 3.35	PLC Siemens.....	107
Figura 3.36	HMI Siemens.....	108
Figura 3.37	Variador de velocidad Micromaster 420.....	108
Figura 3.38	Esquema de comunicación y conexiones	109
Figura 4.1	Primer diseño	110
Figura 4.2	Segundo diseño	111
Figura 4.3	Tercer diseño	111
Figura 4.4	Simulación de la fibra cerámica	112
Figura 4.5	Simulación de la lana de vidrio.....	113
Figura 4.6	Estructura sin refuerzos intermedios.....	113
Figura 4.7	Estructura con refuerzos intermedios.....	114

RESUMEN

Al considerar que existen diversas fuentes de energía limpias tales como las renovables y específicamente en el caso del Perú la energía solar la cual cuenta con un elevado potencial de utilización.

En este caso nos basaremos en el diseño de un horno eléctrico continuo el cual pertenezca a una línea de producción o fabricación de colectores solares. Este horno será la primera etapa de dicha línea ya que será el encargado de llevar el vidrio a su punto elástico para el post moldeo del colector.

Se ha determinado que el colector será del tipo cilíndrico parabólico por ende los vidrios inicialmente tendrán forma rectangular plana, las dimensiones del vidrio son 1.5m x 0.5m, esto dará como resultado que el horno también sea del tipo rectangular. El vidrio deberá ingresar al horno a temperatura ambiente para ser calentado hasta su punto elástico que es a 650°C con una distribución de calor lo más homogénea posible durante un determinado tiempo para que posteriormente pueda pasar a la siguiente etapa de la línea de producción que en este caso sería la máquina dobladora la cual dará la forma cilíndrica parabólica al colector. El horno estará soportado por una base estructural metálica, interiormente estará recubierto por planchas de acero inoxidable, producirá el calor a través de resistencias metálicas, mantendrá el calor a través de aislantes térmicos, externamente estará recubierto por planchas metálicas ASTM y transportará el vidrio interiormente a través de una transmisión mecánica.

ABSTRACT

Considering that there are several sources of clean energy such as renewable and specifically in the case of Peru solar energy which has a high potential for use.

In this case we rely on the design of a continuous electric furnace which belongs to a production line or manufacturing solar collectors. This furnace will be the first stage of the line as it will be responsible for carrying the glass to his elastic molding for post collection point.

It has been determined that the cylindrical parabolic collector type will therefore glasses will initially flat rectangular shape, dimensions are 1.5mx 0.5m glass, this will result in the furnace also is of rectangular type. The glass must enter the oven at room temperature to be heated to its yield point is 650 °C with the heat distribution homogeneous as possible over a given time so you can then move to the next stage of the production line in this case would be bending machine which will give to the cylindrical parabolic collector. The furnace is supported by a metal structural basis inwardly will be coated stainless steel plates will produce heat through metal resistance, maintain the heat through thermal insulation, externally it will be covered by metal plates ASTM and transport the glass interiorly through a mechanical transmission.

INTRODUCCIÓN

La posibilidad de la extinción de los recursos energéticos fósiles, entre otros motivos, ha conducido a la humanidad a considerar el aprovechamiento de fuentes energéticas alternativas renovables, tales como las derivadas del sol, del viento y del océano. Por tal motivo se hace factible diseñar y construir maquinas que contribuyan con tal fin.

Dado que el sol es una fuente de energía renovable limpia, económica y tomando en cuenta que Arequipa es una de las ciudades con mayor radiación en el mundo el potencial de beneficio es elevado. Una de las maneras de poder utilizar este recurso es mediante colectores solares los cuales transforman la energía solar en energía térmica y esta a su vez en energía eléctrica

Los colectores solares se producen a partir de vidrios termoformados; es decir vidrios laminados los cuales son calentados para llevarlos a su punto elástico y posteriormente moldearlos a voluntad. Para este proceso es necesario contar con una máquina la cual nos permita elevar la temperatura hasta ese punto; por lo tanto nos orientaremos en el diseño de un horno que nos permita lo antes mencionado.

Este horno estará insertado en una línea de producción para producir los colectores. En el diseño se considerará que sea alimentado por una fuente de energía eléctrica, mantenga el calor durante un cierto tiempo hasta una determinada temperatura a través de aislantes térmicos para lo cual se aplica conocimientos de transferencia de calor, sea del tipo túnel continuo mediante una transmisión mecánica para la producción en masa, esté soportado a través de una estructura y revestido exteriormente por planchas metálicas así como aspectos básicos para su automatización. Adicionalmente también se considerará los costos que este proyecto implica.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. JUSTIFICACIÓN Y RELEVANCIA DEL PROYECTO

Considerando que la energía solar es una fuente de energía renovable, limpia y económica; la cual se puede aprovechar mediante la utilización de colectores solares.

Este horno estará insertado en una línea de producción para producir los colectores. En el diseño se considerará que sea alimentado por una fuente de energía eléctrica, mantenga el calor durante un cierto tiempo hasta una determinada temperatura a través de aislantes térmicos para lo cual se aplica conocimientos de transferencia de calor, sea del tipo túnel continuo mediante una transmisión mecánica para la producción en masa, esté soportado a través de una estructura y revestido exteriormente por planchas metálicas así como aspectos básicos para su automatización. Adicionalmente también se considerará los costos que este proyecto implica.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Aprovechar las diversas tecnologías para la captación de energía solar mediante colectores solares, los cuales transforman la energía solar en energía eléctrica.

1.2.2. Objetivos específicos

- Diseñar un horno eléctrico capaz de modificar la forma de las planchas de vidrio laminado a la forma de colectores solares.

1.3. HIPÓTESIS

Es posible recolectar la radiación solar mediante colectores solares, los cuales a su vez servirán para calentar una sustancia con la finalidad de aprovecharla en un ciclo termodinámico.

1.4. VARIABLES

1.4.1. Variable independiente

Radiación solar.

1.4.2. Variable dependiente

Forma del colector solar.



CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. ENERGÍA SOLAR

2.1.1. El sol

El sol (figura 2.1) es la estrella más cercana a la tierra y el mayor elemento del sistema solar. Las estrellas son los únicos cuerpos del universo que emiten luz. El sol es también nuestra principal fuente de energía que se manifiesta sobre todo, en forma de luz y calor, contiene más del 99% de toda la materia del sistema solar. Ejerce una fuerte atracción gravitatoria sobre los planetas y los hace girar a su alrededor.

El sol se formó hace 4.650 millones de años y tiene combustible para 5.000 millones más. Después, comenzará a hacerse más y más grande, hasta convertirse en una gigante roja. Finalmente, se hundirá por su propio peso y se convertirá en una enana blanca, que puede tardar un trillón de años en enfriarse.



Figura 2.1 el sol (<http://www.astromia.com/solar/sol.htm>)

2.1.2. ¿Qué es la energía solar?

La Energía solar es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del sol donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema foto térmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico).

La conversión térmica de alta temperatura consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores.

La conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica. Se utilizan para ello unas placas solares formadas por células fotovoltaicas (de silicio o de germanio).

(http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm).

2.1.3. Energía solar en el Perú

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano. En la gran mayoría de localidades del Perú, la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y bastante uniforme durante todo el año, comparado con otros países, lo que hace atractivo su uso.

En términos generales, se dispone en promedio anual de 4-5 kWh/m² día en la costa y selva y de 5-6 kWh/m² día, aumentando de norte a sur. Esto implica que la energía solar incidente en pocos metros cuadrados es, en principio, suficiente para satisfacer las necesidades energéticas de una familia.

(<http://fc.uni.edu.pe/mhorn/Energia%20solar%20en%20Peru%20perueconomico.pdf>)

2.1.4. Energía solar térmica

Llamamos energía solar térmica a la energía proveniente del sol que nosotros utilizamos en forma de calor. Existen muchas variantes de la energía solar térmica, nos vamos a centrar en la energía solar térmica de baja temperatura y en la solar de media - alta temperatura o termoeléctrica.

2.1.4.1. Energía solar térmica de baja temperatura

Es la utilizada en los tejados de las viviendas y edificios comerciales, para calentar agua directamente con la radiación solar como se observa en figura 2.2 y utilizarla para calefacción o agua caliente sanitaria (ACS). La tecnología es sencilla, salvo por el mantenimiento que es complicado. Se trata de exponer una superficie a la radiación directa del sol y hacer pasar por ella un caudal de agua fría con el objetivo de calentarla. Se llaman de baja temperatura porque el agua no alcanza más de los 80 grados centígrados.



Figurara 2.2 sistema térmico de baja temperatura
(<http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=33>)

2.1.4.2. Energía solar térmica de media - alta temperatura o solar termoeléctrica

Este tipo de energía se presenta en forma de grandes centrales como se observa en la figura 2.3 con potencias de mínimo 10Mw. Las temperaturas

alcanzadas en estas centrales van desde los 300 grados centígrados, hasta los 800 grados centígrados, por tanto estas centrales no pueden trabajar con agua líquida, y lo hacen normalmente con aceites térmicos, y en algún caso experimental con vapor de agua.



Figura 2.3 sistema térmico de mediana y alta temperatura
(<http://www.economiadelaenergia.com/energia-solar/>)

En estas centrales normalmente se calienta un aceite térmico (preparado para altas temperaturas) a través de la radiación solar por el reflejo de la energía del sol en los espejos. Este aceite caliente va a un intercambiador de calor donde pasa sus calorías al agua, esta agua se evapora formando vapor de agua caliente que mueve una turbina de vapor que genera electricidad como se aprecia en la figura 2.4

Esquema de una central de energía termosolar

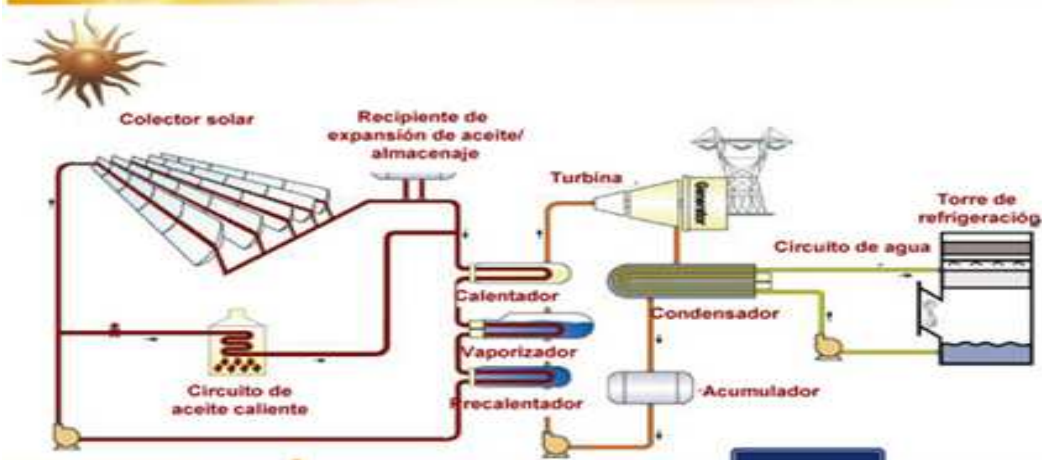


Figura 2.4 esquema de una central termosolar (www.revistadelacarolina.com)

2.1.4.2.1. Central termoeléctrica de torre

Este tipo de centrales está conformado por un campo de helióstatos (espejos orientables) y de una torre receptora. En lo alto de la torre se dispone una apertura que contiene un receptor con material absorbente colatransportador (hasta ahora se han empleado sodio líquido, vapor de agua saturado, sales nitrato fundido o aire).

Los días soleados la radiación incide sobre el campo de helióstatos. Cada uno de estos helióstatos, gracias a su mecanismo de seguimiento de dos ejes, adopta una inclinación y una orientación específica dependiendo de 3 factores: La inclinación y el azimut solar (variables a lo largo del día en el movimiento aparente del Sol) y su posición relativa con respecto a la torre central. La finalidad de esta orientación específica es la de lograr que cada helióstato refleje el mayor tiempo posible la radiación solar que recibe hacia el receptor de la torre. De esta manera se logra la concentración de la radiación solar en un solo punto en el cual llega a alcanzar elevadísimas temperaturas. El fluido caloportador transfiere la energía hasta un depósito donde queda almacenada. Este calor es luego aprovechado para producir vapor y mover las turbinas que generan energía eléctrica.

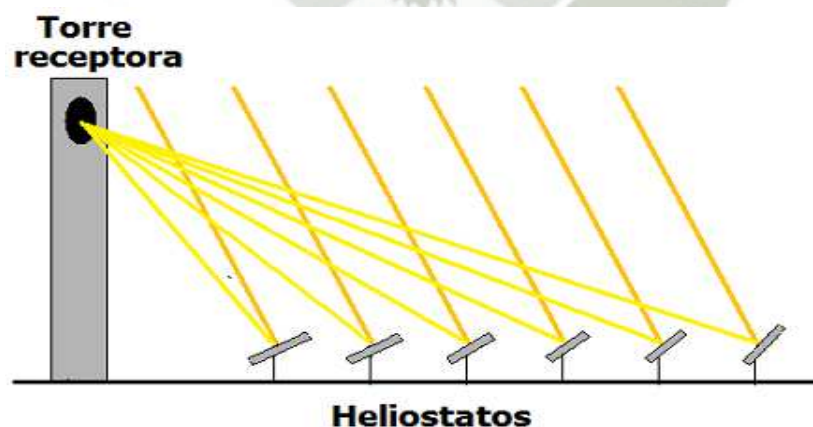


Figura 2.5 central termoeléctrica de torre (<http://www.sitiosolar.com/las-centrales-solares-termoelectricas/>)

2.1.4.2.2. Central termoeléctrica de disco parabólico

Un espejo parabólico concentra la radiación solar en el receptor térmico de un motor Stirling situado en el foco de la parábola como se muestra en la figura 2.6, este a su vez convierte la energía térmica directamente en trabajo mecánico, es decir en electricidad ya que el calor acumulado eleva la temperatura del aire, lo cual acciona el motor Stirling y mueve una turbina que genera electricidad.

Se obtiene un nivel de rentabilidad superior al 30 por ciento. También existen plantas prototipo, por ejemplo, en la Plataforma Solar de Almería (España).

Estas plantas son idóneas como sistemas autónomos. También existe la posibilidad de interconectar varias instalaciones independientes en un «parque» y cubrir, de este modo, un consumo de entre diez kilovatios y varios megavatios.

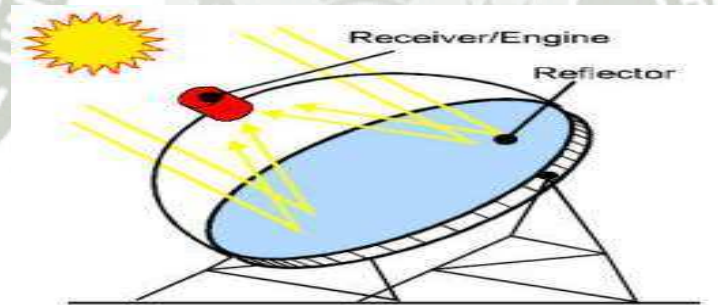


Figura 2.6 central de disco parabólico
(<http://www.solarweb.net/termosolar.php>)

2.1.4.2.3. Central termoeléctrica de cilindro parabólico

En este tipo de centrales se emplea un tipo de captadores de forma cilíndrico parabólica recubiertos de material reflectante en su parte interna y en cuyo eje focal está dispuesta una tubería con fluido caloportador.



Figura 2.7 plataforma solar del CIEMAT en Almería (España) Foto: © Raúl Bartolome/Greenpeace (<http://www.sitiosolar.com/las-centrales-solares-termoelectricas/>)

Funcionamiento: Cuando los rayos del sol inciden sobre el captador se reflejan y se concentran en la tubería situada en el eje focal la cual alcanza temperaturas de entre 300 y 400 grados como se muestra en la figura 2.8. El fluido del interior de la tubería se bombea entonces hacia un depósito de calor donde queda almacenado. Este calor es luego aprovechado para producir el vapor que mueve las turbinas que generan energía eléctrica.

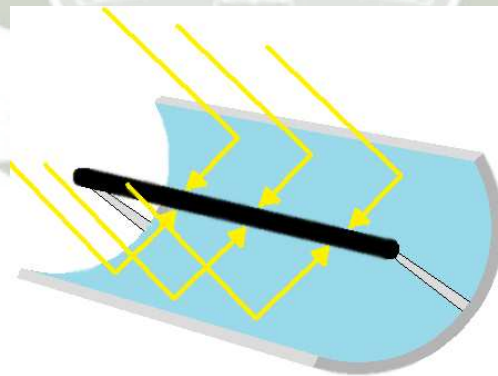


Figura 2.8 esquema de funcionamiento de receptor cilindroparabólico (<http://www.sitiosolar.com/las-centrales-solares-termoelectricas/>)

Para optimizar la captación de la radiación solar directa, estos captadores cuentan con un sistema de seguimiento de un eje para orientar

siempre el captador en la trayectoria aparente del Sol en el cielo y captar una mayor cantidad de energía.

2.2. HORNOS INDUSTRIALES

Son los equipos o dispositivos utilizados en la industria en los que se calientan las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente.

El objeto de este calentamiento puede ser muy variado, por ejemplo:

- Fundir.
- Ablandar para una operación de conformación posterior.
- Tratar térmicamente para impartir determinadas propiedades
- Recubrir las piezas con otros elementos, operación que se facilita frecuentemente operando a temperatura superior a la del ambiente.
- Arcas de recocer en la industria del vidrio.
- Incineradores, equipos destinados a la combustión y/o eliminación de residuos.

(www.emison.com)

2.2.1. Hornos intermitentes

Su principal característica es la temperatura constante prácticamente en todo su interior. Su principio básico es colocar la pieza en el horno en una posición determinada hasta que la carga se caliente a la temperatura requerida. Una vez que el proceso de calentamiento se ha completado, la carga se retira por la misma puerta por donde fue introducida en el horno como se aprecia en la figura 2.10

En los hornos intermitentes deben distinguirse los procesos en que la temperatura de regulación del horno permanece prácticamente constante (hornos de tratamiento de normalizado, temple y revenido y hornos de recalentar para forja y estampación), de los procesos en que la temperatura del

horno sigue un ciclo de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento sin extraer la carga del interior del horno:

En los primeros, al introducir la carga; baja evidentemente la temperatura del horno, se enfría el revestimiento cediendo su calor a la carga y la energía cedida por los elementos calefactores se utiliza en calentar nuevamente el revestimiento y la carga hasta la temperatura de regulación del horno, cuyo valor de consigna ha permanecido constante.

En los segundos, al introducir la carga, el horno está a baja temperatura y se calienta simultáneamente la carga y el revestimiento, con todos los elementos del interior del horno. Después de un periodo de empapado o mantenimiento a temperatura, se enfría la carga en el interior del horno, juntamente con el revestimiento. Es fundamental, por tanto, el calor almacenado por el revestimiento (durante el calentamiento y empapado) y cedido en el enfriamiento.

(<http://es.scribd.com/doc/135510283/Cap-1-Sistema-de-Inyeccion-y-Hornos-Mario-Final#download>)



Figura 2.10 horno intermitente (http://www.directindustry.es/cat/hornos-tratamiento-termico/hornos-intermitentes-P-1001-_3.html)

2.2.2. Hornos continuos

En este tipo de hornos el material se desplaza hacia el interior del horno y a la vez se va calentando como se observa en la figura 2.11. Las formas de

transportar la carga pueden ser a través de fajas o rodillos mediante un sistema transmisión mecánica impulsada por un motor.

La temperatura en los hornos continuos es prácticamente constante en cada zona a lo largo del tiempo y la temperatura de la carga varía a lo largo del tiempo, pero se mantiene relativamente constante en todo el horno en un instante dado.

Cuando se trata de los hornos de combustión, las piezas a calentar están en contacto con los productos de la combustión que para ciertos casos es muy perjudicial, por lo que muchos hornos requieren una atmósfera especial para protección de las piezas, consiguiendo evitar la oxidación y la descarbonización y se construyen con una envolvente exterior hermética al gas, que rodea al revestimiento refractario.



Figura 2.11 horno de túnel continuo

(http://www.revistatope.com/156_art_Bautermic_TRATAMIENTOS.html)

El calor puede ser suministrado por tubos radiantes que queman combustible o por resistencias eléctricas que actúen como elementos calefactores.

(<http://es.scribd.com/doc/135510283/Cap-1-Sistema-de-Inyeccion-y-Hornos-Mario-Final#download>)

2.2.2.1. Transmisiones mecánicas

Se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia o energía entre dos o más elementos dentro de un sistema

como se aprecia en la figura 2.12. Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces clasificados como uno de los dos subgrupos fundamentales de estos elementos de transmisión y elementos de sujeción.

Típicamente, la transmisión cambia la velocidad de rotación de un eje de entrada, lo que resulta en una velocidad de salida diferente, en general, las transmisiones reducen una rotación inadecuada, de alta velocidad y bajo par por motor, del eje de salida del impulsor primario a una velocidad más baja con par de giro más alto, o a la inversa.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Transmisi%C3%B3n_mec%C3%A1nica)

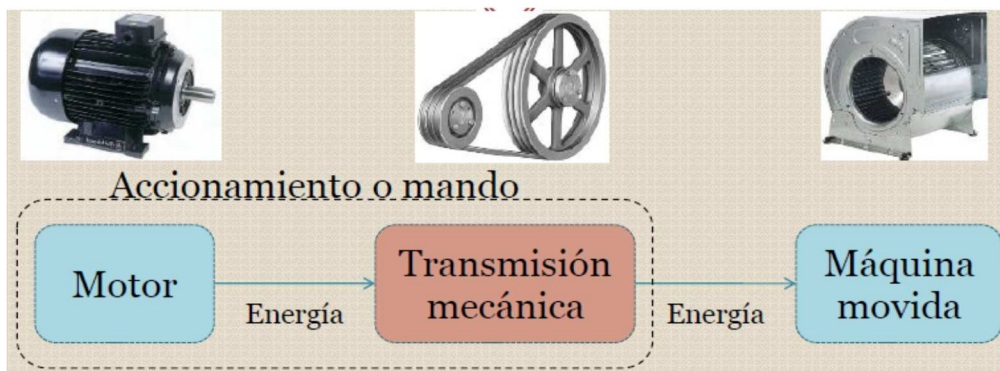


Figura 2.12 Sistema de transmisión de potencia mecánica
(<http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap-1-Int-Dis-II.pdf>)

2.2.2.1.1. Transmisiones por bandas o correas

Las transmisiones por correa, en su forma más sencilla como se aprecia en la figura 2.13, consta de una cinta colocada con tensión en dos poleas: una motriz y otra movida. Al moverse la cinta (correa) trasmite energía desde la p Polea motriz a la p Polea movida por medio del rozamiento que surge entre la correa y las poleas.

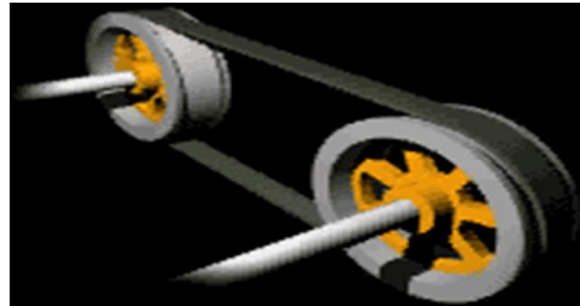


Figura 2.13 transmisión por correa

(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2a/Power_transmission_belt.gif)

Durante la transmisión del movimiento, en un régimen de velocidad uniforme, el momento producido por las fuerzas de rozamiento en las poleas (en el contacto correa-polea) será igual al momento motriz en el árbol conductor y al del momento resistivo en el árbol conducido. Cuanto mayor sea el tensado, el ángulo de contacto entre polea y correa, y el coeficiente de rozamiento, tanto mayor será la carga que puede ser transmitida por el accionamiento de correas y poleas.

Existen diferentes tipos de configuraciones y esquemas para las transmisiones por correas como se muestra en la figura 2.14

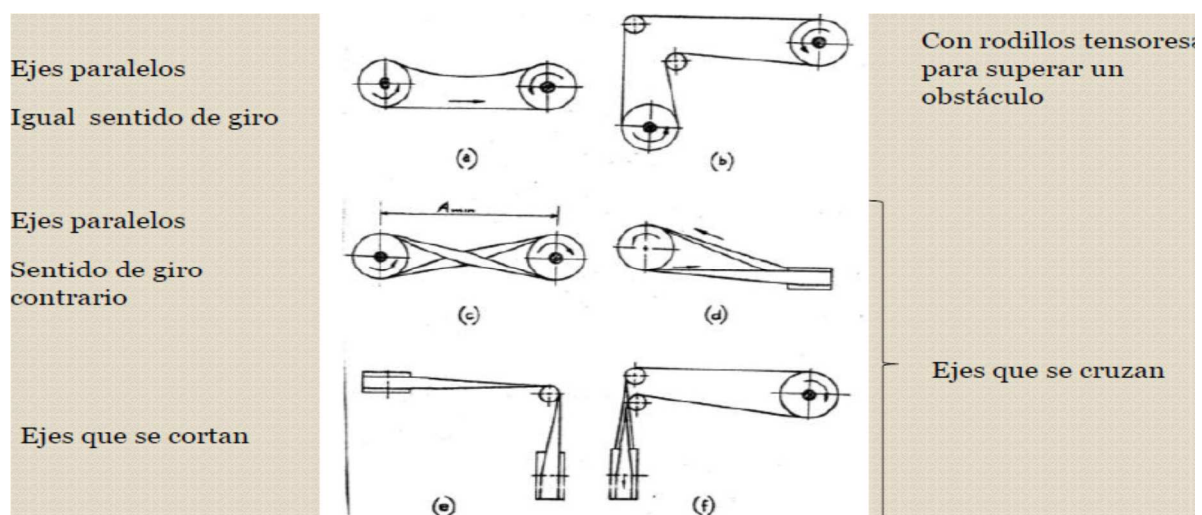


Figura 2.14 esquemas para transmisiones por correas

(<http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap-1-Int-Dis-II.pdf>)

Ventajas:

- Posibilidad de unir el árbol conductor al conducido a distancias relativamente grandes.
- Funcionamiento suave, sin choques y silencioso.
- Facilidad de ser empleada como un fusible mecánico, debido a que presenta una carga límite de transmisión, valor que de ser superado produce el patinaje (resbalamiento) entre la correa y la polea.
- Diseño sencillo.
- Costo inicial de adquisición o producción relativamente bajo
- Es ideal para aplicaciones de baja potencia.

Desventajas

- Grandes dimensiones exteriores.
- Resbalamiento por sobrecarga
- Vida útil de la correa relativamente baja ya que es menor a la de una cadena.

Las correas de transmisión son clasificadas como:

- Correas planas.
- Correas trapeciales o en V.
- Correas redondas.
- Correas eslabonadas.
- Correas dentadas.
- Correas nervadas o Poly V

(<https://es.scribd.com/doc/25882475/TRANSMISION-MECANICA>)

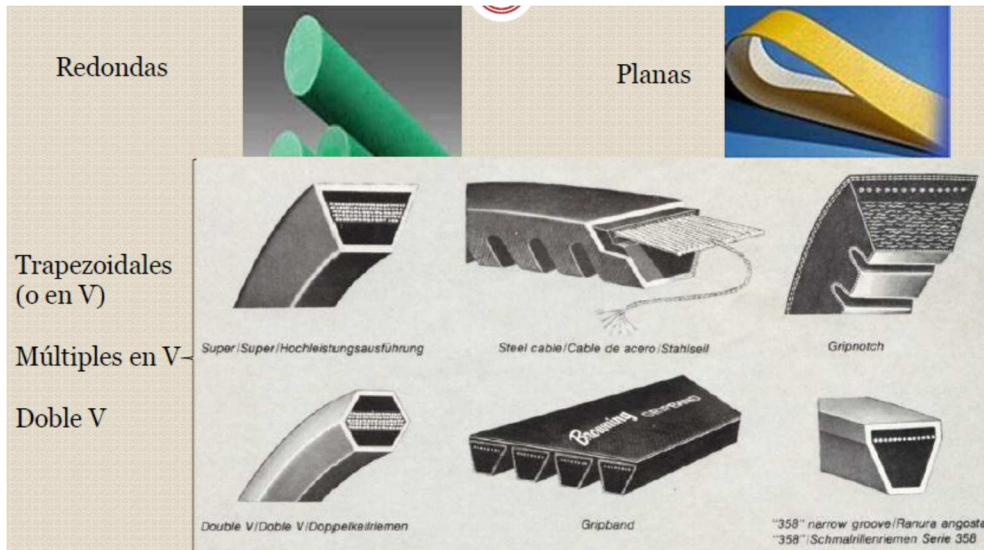


Figura 2.15 clasificación de las correas

(<http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap-1-Int-Dis-II.pdf>)

2.2.2.1.2. Transmisiones por cadenas

Este tipo de transmisiones trabajan de acuerdo con el principio de engranaje. En las transmisiones por cadena que tienen el esquema de transmisión flexible abierta, el lugar de las poleas lo ocupan ruedas dentadas, a las que se llama ruedas de estrella o simplemente estrella y en vez de la cinta flexible tenemos una cadena como se aprecia en la figura 2.16.

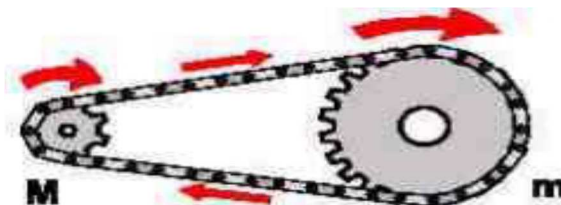


Figura 2.16 transmisión por cadena

(<https://es.scribd.com/doc/25882475/TRANSMISION-MECANICA>)

Recibe el nombre de tren de engranes como se aprecia en la figura 2.17 el conjunto de éstos que se encuentran endentados entre sí, ya sea directamente o por medio de cadenas. La siguiente ilustración nos muestra un ejemplo y cómo podemos observar, el engrane "M" (motor) hace girar a los engranes "m" (movidos) notándose que en cada paso se invierte el sentido de giro

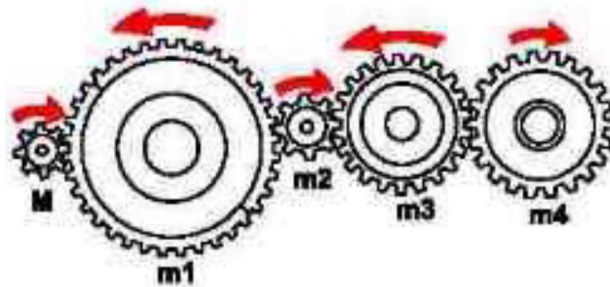


Figura 2.17 transmisión por tren de engranes

(<https://es.scribd.com/doc/25882475/TRANSMISION-MECANICA>)

En el caso de la transmisión por cadena, el movimiento y la fuerza se transmiten a cierta distancia de los engranes y se conserva el sentido de giro.

Cuando rueda y piñón no pueden estar juntos se puede utilizar una conexión entre ellos inspirada exactamente en la misma idea que la transmisión por correa, pero manteniendo la pauta del dentado. El sistema plato-cadena-piñón de la bicicleta es uno de los más populares mecanismos de cadena. El nombre procede del primitivo conjunto construido con una rueda dentada y una verdadera cadena de eslabones.

Ventajas:

- Transmiten potencia a grandes distancias
- Relación de transmisión prácticamente constante
- Mejor resistencia a condiciones ambientales que las transmisiones por correas
- Ideales para transmisiones de alta potencia
- Pueden transmitir potencia a varios arboles

Desventajas

- Requieren lubricación y fundas
- Alto costo
- Cierta irregularidad en su funcionamiento
- Requiere montaje y mantenimiento minuciosos

Podemos clasificar cadenas en los siguientes tipos:

- Cadena de hierro fundido.
- Cadena de acero de molde.
- Cadena forjada.
- Cadena de acero.
- Cadena plástica.

(http://html.rincondelvago.com/mecanica_fundamentos-de-la-cadena.html)

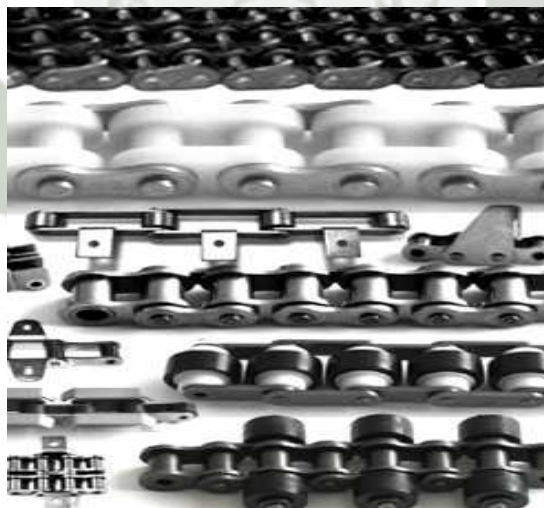


Figura 2.18 clases de cadenas (<http://www.yuk.es/cadenas/es-transmision/cadenas-de-transmision.htm>)

2.2.3. Hornos eléctricos

En la actualidad este tipo de hornos son de uso muy extendido y con los sistemas de programación que se incorporan son muy útiles y fiables por su comodidad y fácil manejo.

La electricidad es un agente calefactor que permite el control más preciso en los hornos de tratamiento térmico, y consecuentemente, son los que más se usan, y tienen las siguientes ventajas:

- Pueden obtenerse temperaturas muy elevadas hasta de 3500°C en algunos tipos de hornos eléctricos.
- 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.
- Tienen mayor duración los revestimientos que en los demás tipos de hornos.
- Se instalan en espacio reducido.
- Su operación se realiza con mayor higiene que la de los otros tipos de hornos.

(<http://www.metalurgiausach.cl/TECNICAS%20EXPERIMENTALES/UNID8>)

2.2.3.1. Eficiencia

El coeficiente de conversión de electricidad en calor es prácticamente 100%, lo que no ocurre con el uso de combustibles comunes, donde parte de la energía es consumida en el calentamiento del aire y de los gases calientes que son expulsados a la atmósfera.

2.2.3.2. Las partes básicas de un horno eléctrico

- Cámara de calentamiento: es el espacio físico donde se coloca la pieza a calentar.
- Elementos eléctricos: son numerosos y son los responsables del calentamiento de la pieza, basándose en diferentes principios físicos.
- Revestimiento aislante: es necesario para minimizar las pérdidas de calor al ambiente.

(<http://www.metalurgiausach.cl/TECNICAS%20EXPERIMENTALES/UNID8>)

2.2.3.3. Horno eléctrico de arco

El calentamiento de materiales por arco eléctrico como se muestra en la figura 2.19 se realiza básicamente por el paso de la corriente eléctrica entre dos electrodos uno de los cuales puede ser la propia carga.

Los campos principales de aplicación industrial del calentamiento por arco son:

- Los hornos de fusión de metales
- Los hornos de reducción de minerales

En los hornos de arco de fusión se coloca la carga en el interior de la cuba y se establece el arco entre los electrodos o entre los electrodos y la carga.

Pueden disponerse un solo electrodo (hornos de corriente continua), dos electrodos dispuestos horizontalmente (calentamiento indirecto por radiación del arco al interior de la cuba) o tres electrodos (hornos de corriente alterna).

Se utilizan principalmente para fusión de fundición de acero y, en unos pocos casos, para metales no férricos pesados (aleaciones de cobre).



Figura 2.19 horno eléctrico de arco
(www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.HornosARCO.ppt)

2.2.3.4. Horno eléctrico de inducción

Los hornos de inducción como se aprecia en la figura 2.20 se utilizan en una amplia gama de instalaciones para producción y fabricación, tales como fundiciones y plantas metalúrgicas. Los hornos de inducción se utilizan sobre todo porque son bastante limpios, pueden derretir materiales con rapidez, y en general son asequibles para mantener y operar. También permiten un control preciso de la temperatura y el calor. Debido a que ganan calor muy rápidamente no se deben dejar en marcha entre operaciones para así ahorrar en recursos energéticos y ayudar a administrar los costos de operación.

El calor por inducción es un medio de calentamiento o de fundición que utiliza corrientes eléctricas para calentar el material. El calor eléctrico es limpio y eficiente. Proporciona calor rápido y consistente a lo largo del horno y permite que el material se caliente uniformemente

Las bobinas de inducción trabajan mediante la generación de un campo de Radio frecuencia que produce un campo magnético alrededor del material. La salida requerida del sistema puede variar dependiendo de la velocidad a la que esté siendo calentado el material. Cuantos mayores sean los requisitos de potencia de salida, más grande el horno puede necesitar ser con el fin de tener los componentes adecuados necesarios para manejar esta salida. El calor de inducción se basa en una fuente de alimentación A/C (corriente alterna). La corriente fluye a través de la bobina de inducción y genera un campo magnético. Una vez que el material se coloca dentro de la bobina, el campo

magnético envía las corrientes de Foucault dentro del material y por lo tanto genera grandes cantidades de calor localizado.

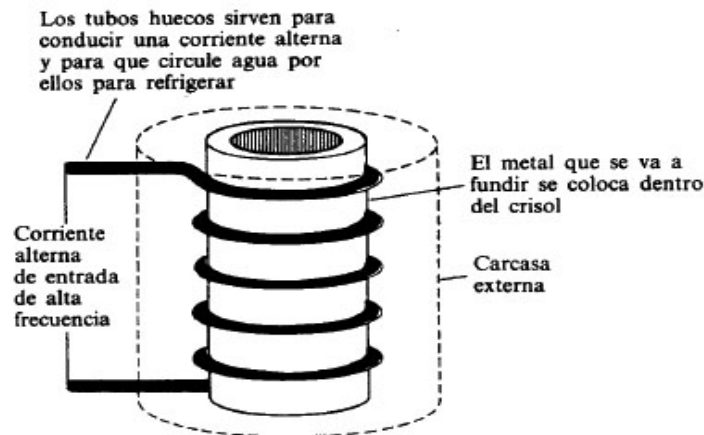


Figura 2.20 horno eléctrico de inducción

(http://www.ehowenespanol.com/acerca-hornos-induccion-sobre_76930/)

2.2.3.5. Horno eléctrico de resistencias

El principio para el funcionamiento de un amplio conjunto de hornos industriales destinados a tratamientos térmicos es la conversión de energía eléctrica en calor, el mismo que se desarrolla por el paso de una corriente eléctrica a través de resistencias que funcionan como unidades de calentamiento, montadas de tal forma que mantienen fuera de contacto con la carga.

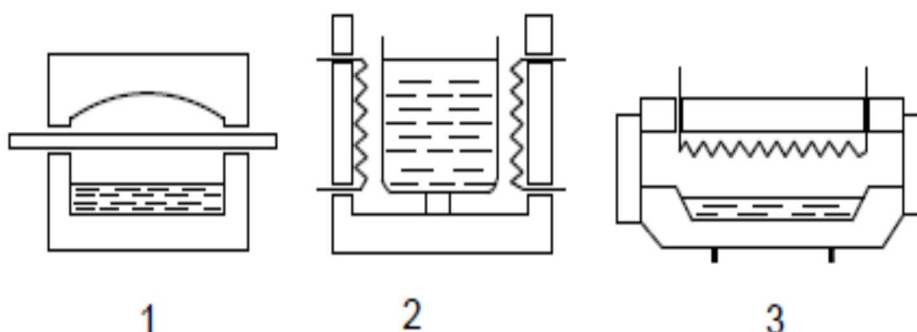


Figura 2.21 1) Horno radiante de resistencia no metálica, 2) horno de crisol con resistencia metálica, 3) horno de cámara con resistencia metálica.

Los hornos de resistencia se definen como aquellos que utilizan el calor disipado por efecto Joule en una resistencia óhmica, la misma que puede estar constituida por la carga que se va a calentar (hornos de calentamiento directo) o por resistencias adecuadas independientes de la carga (hornos de calentamiento indirecto), por las cuales circula corriente eléctrica.

El material es calentado por radiación, por convección y/o por conducción mediante resistencias colocadas de forma adecuada como se aprecia en la figura 2.22 la carga a calentar y las resistencias se encuentran contenidas en una cámara aislada térmicamente por medio de materiales refractarios y aislantes.

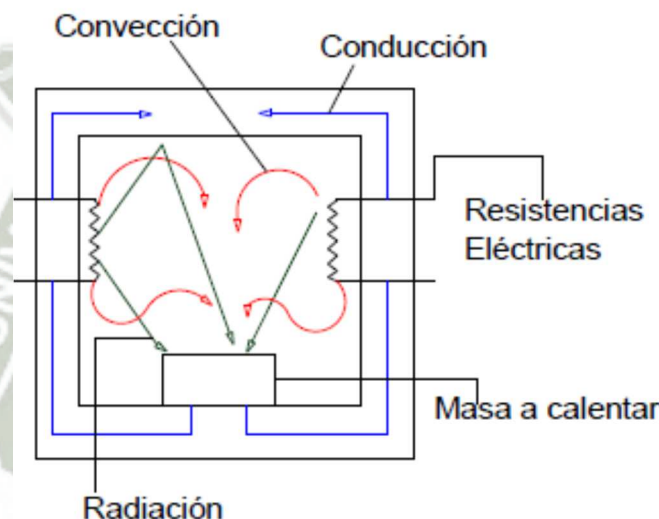


Figura 2.22 elementos principales de un horno de resistencia y el curso del flujo térmico.

(<http://www.metalurgiausach.cl/TECNICAS%20EXPERIMENTALES/UNID8>)

2.2.3.5.1. Resistencias eléctricas

En la elaboración de las resistencias eléctricas se utilizan materiales que deben poseer, entre otras características, una elevada resistividad eléctrica, alta temperatura de fusión, y resistencia a la oxidación en caliente y a la corrosión en el ambiente gaseoso producto de las reacciones químicas en

juego. El tipo de resistencia a escoger para un horno dado se halla ligado principalmente a la temperatura de trabajo de éste.

La disposición de las resistencias eléctricas dentro del horno no puede ser solamente en las paredes laterales sino que también pueden presentar resistencias colocadas en la parte posterior, parte inferior y superior del horno.

2.2.3.5.1.1. Resistencias metálicas

- Aleaciones de base Ni-Cr.- De todas ellas la más utilizada en resistencias de hornos eléctricos es la 80 Ni- 20 Cr.
- Aleaciones ferríticas.- Son aleaciones Cr-Fe-Al.
- Otros materiales.- empleados sobre todo en hornos de vacío de alta temperatura, como el molibdeno, tántalo y tungsteno.

Las resistencias metálicas se utilizan en forma de hilos con diámetros variables de fracción de mm a unos 6 mm, comúnmente enrollados en forma helicoidal como se observa en la figura 2.23 o en forma de cintas dispuestas en zig-zag como se observa en la figura 2.24 con temperaturas máximas utilización de 1200 °C



Figura 2.23 resistencia de alambre enrollado en forma helicoidal

(www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion10.HornosRESISTENCIAS.1B.ppt)

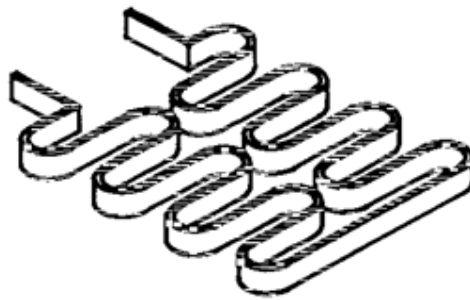


Figura 2.24 resistencia de cinta o pletina en forma de zig zag
(www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion10.HornosRESISTENCIAS.1B.ppt)

2.2.3.5.1.2. Resistencias no metálicas

- Tubos a base de carburo de silicio para temperaturas de hasta 1500 °C
- Silicato de molibdeno para temperaturas de hasta 1700 °C.
- Grafito y molibdeno (en pastillas, cilindros o granulados en tubos) para temperaturas de hasta 1800°C.

Por su parte, las resistencias no metálicas están constituidas por astas (o tubos) fijados horizontalmente entre dos paredes del horno o verticalmente entre el suelo y la cubierta.

2.2.3.5.1.3. Tubos radiantes

Los tubos radiantes como se observa en figura 2.25 son módulos compactos que irradian calor directamente. Se emplean habitualmente para calentar naves industriales, talleres, almacenes, locales comerciales, muelles de carga, etc.

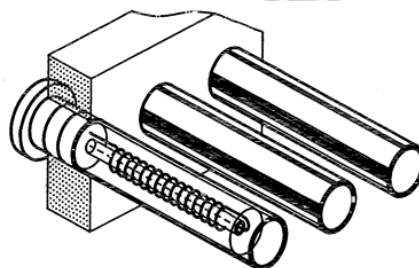


Figura 2.25 tubo radiante con resistencia de alambre en espiral sobre soporte cerámico

2.2.3.5.1.4. Resistencias blindadas

Típicas para calentamiento de líquidos en baños, tanques de temple, etc.

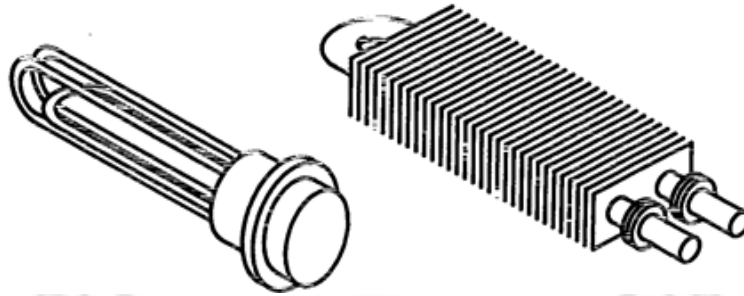


Figura 2.26 Resistencias blindadas

(www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion10.HornosRESISTENCIAS.1B.ppt)

2.2.4. Aislantes térmicos

Un aislante térmico es un conductor pobre del calor y tiene una conductividad térmica baja. El aislante se utiliza en edificios y en procesos de fabricación para prevenir aumento o pérdida de calor. Aunque su propósito primario es el económico, también proporciona a un control más exacto de temperaturas de proceso y a la protección del personal. Previene la condensación en superficies frías y la corrosión resultante. Tales materiales son porosos, conteniendo gran número de células de aire inactivas. El aislante térmico entrega las siguientes ventajas:

- Reduce el consumo de energía total
- Mejoran control de proceso manteniendo temperatura de mismo.
- Previene la corrosión guardando la superficie expuesta de un sistema refrigerado sobre el punto de condensación.
- Proporciona a la protección contra los incendios al equipo.
- Absorbe la vibración.

(<http://es.scribd.com/doc/50726320/AISLANTE-Y-MATERIALES-REFRACTARIOS-Traduccion>)

2.2.4.1. Clasificación según las temperaturas máximas de empleo

2.2.4.1.1. Fibras cerámicas (hasta 1.500°C)

Las fibras cerámicas como se aprecia en la figura 2.28 se caracterizan por una densidad muy baja y por tanto una acumulación de calor también muy baja por unidad de volumen del aislamiento. Su resistencia al choque térmico es excelente. La baja conductividad es muy favorable para temperaturas bajas y medias, no tanto para las altas; su rango de aplicación óptimo es desde los 538°C hasta los 1482°C.

Se elabora a base de sílice y óxido de aluminio fundido y puede llevar otros óxidos (circonio, hierro, magnesio) en cantidades minoritarias. Estas fibras presentan una elevada resistencia a las temperaturas más altas, donde las lanas de aislamiento (Lana Mineral y Fibra de Vidrio) no son eficaces.



Figura 2.28 fibra cerámica (<http://www.ratsa.com/sublinea.php?id=11>)

2.2.4.1.2. Lanás minerales (hasta 700°C)

A partir de vidrio fundido, de rocas naturales fundidas y de escorias metalúrgicas (con aditivos necesarios para para rectificar su composición) se fabrican las fibras o lanas correspondientes. Las fibras así obtenidas (sobre todo en el último caso), pueden tener, además de un alto contenido de sílice,

una buena resistencia a la corrosión química y soportar temperaturas relativamente elevadas (700°C).

Se utilizan en diversas formas y espesores. Las formas moldeadas pueden ser coquillas, placas, barras de diferentes diámetros, etc.

Las lanas minerales; lana de vidrio (figura 2.29) y lana de roca (figura 2.30), cuyas cualidades han mejorado enormemente en los últimos años, constituyen hoy uno de los mejores productos de aislamiento: elástico, químicamente neutro para temperaturas relativamente elevadas. Además sus propiedades aislantes térmicas, tienen la ventaja de su incombustibilidad y capacidad de aislamiento sónico.

(Hornos industriales de resistencias, teoría, cálculos y aplicaciones; Julio Astigarraga)



Figura 2.29 lana de vidrio

(<http://www.almacenesnoroeste.es/catalogo/Catalog/show/lana-de-vidrio-metrofilm-298>)



Figura 2.30 lana de roca (<http://www.bricomarkt.com/madera/lana-de-roca/precio-lana-de-roca.html>)

2.2.4.1.3. Materiales calorífugos (hasta 100 – 150 °C)

Los materiales utilizados a bajas temperaturas son innumerables; por ejemplo el poliestireno expandido (figura 2.31). Se presentan en forma de polvo, gránulos, fibras, borras, cartones, placas, coquillas y piezas moldeadas. Sin embargo su utilización en hornos eléctricos es casi nula, salvo en estufas de baja temperatura.

La conductividad térmica de estos materiales varía en proporciones considerables según la forma en que se presentan, se utilizan o se colocan. La conductividad térmica del aire seco es de 0.02 W/mK a 0°C y la humedad influye enormemente en la conductividad térmica de los materiales (una tela húmeda es 10 a 20 más conductora que en estado seco).



Figura 2.31 poliestireno expandido (<http://www.co.all.biz/productos-de-poliestireno-icopor-g14229#.VDnm2fI5NqU>)

2.2.5. Aceros para el diseño y construcción de hornos

2.2.5.1. Aceros estructurales

Se define como acero estructural al producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le aportan características específicas. El acero laminado en caliente, fabricado con fines estructurales, se denomina como acero estructural al carbono, con límite de fluencia de 250 megapascales (2549 kg/cm²).

El Acero estructural es uno de los materiales básicos utilizados en la construcción de estructuras, tales como edificios industriales y comerciales, puentes y muelles, etc. Se produce en una amplia gama de formas y grados, lo que permite una gran flexibilidad en su uso. Es relativamente barato de fabricar y es el material más fuerte y más versátil disponible para la industria de la construcción.

2.2.5.1.1. Clasificación del acero estructural o de refuerzo:

2.2.5.1.1.1. Según su forma

- **PERFILES ESTRUCTURALES:** Los perfiles estructurales son piezas de acero laminado cuya sección transversal puede ser en forma de I, H, T, canal o ángulo.
- **BARRAS:** Las barras de acero estructural son piezas de acero laminado, cuya sección transversal puede ser circular, hexagonal o cuadrada en todos los tamaños.
- **PLANCHAS:** Las planchas de acero estructural son productos planos de acero laminado en caliente con anchos de 203 mm y 219 mm, y espesores mayores de 5,8 mm y mayores de 4,5 mm, respectivamente.

(<http://allstudies.com/acero-estructural.html>)



Figura 2.32 principales formas del acero estructural
(http://sistestructura6.blogspot.com/2013/06/normas-tecnicas-complementarias-para_12.html)

2.2.5.1.1.1. Según la norma ASTM

La norma ASTM (American Society for Testing and Materials) no especifica la composición directamente, sino que más bien determina la aplicación o su ámbito de empleo. Por tanto, no existe una relación directa y biunívoca con las normas de composición.

El esquema general que esta norma emplea para la numeración de los aceros es:

YXX

Dónde:

Y es la primera letra de la norma que indica el grupo de aplicación según la siguiente lista:

- A: si se trata de especificaciones para aceros;
- B: especificaciones para no ferrosos;
- C: especificaciones para hormigón, estructuras civiles;
- D: especificaciones para químicos, así como para aceites, pinturas, etc.
- E: si se trata de métodos de ensayos;

Otros...

Ejemplos:

A36: especificación para aceros estructurales al carbono;

A285: especificación para aceros al carbono de baja e intermedia resistencia para uso en planchas de recipientes a presión;

A325: especificación para pernos estructurales de acero con tratamiento térmico y una resistencia a la tracción mínima de 120/105 ksi;

A514: especificación para planchas aleadas de acero templadas y revenidas con alta resistencia a la tracción, adecuadas para soldar;

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico		Tensión de rotura	
	Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A53 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131 Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381 Grado Y 35	35	240	>60	>415
ASTM A500 Grado A	33	228	>45	>310
Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501	36	250	>58	>400
ASTM A516 Grado 55	30	205	55-75	380-515
Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524 Grado I	35	240	60-85	415-586
Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529	42	290	60-85	415-550
ASTM A570 Grado 30	30	205	>49	>340
Grado 33	33	230	>52	>360
Grado 36	36	250	>53	>365
Grado 40	40	275	>55	>380
Grado 45	45	310	>60	>415
Grado 50	50	345	>65	>450
ASTM A709 Grado 36	36	250	58-80	400-550
API 5L Grado B	35	240	60	415
Grado X42	42	290	60	415

Tabla 2.1 características de los aceros más comunes
(<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html>)

2.2.5.2. Aceros especiales

Los aceros de aleación especiales son los aceros inoxidables y aquellos con un contenido de cromo generalmente superior al 12%. Estos aceros de gran dureza, resistencia a altas temperaturas y a la corrosión, se emplean en turbinas de vapor, engranes, ejes y rodamientos.

(<http://es.slideshare.net/alejo1887/aceros-y-tipos-de-aceros>)

2.2.5.2.1. Aceros inoxidables

Los Aceros Inoxidables son una gama de aleaciones que contienen un mínimo de 11% de Cromo. El Cromo forma en la superficie del acero una película pasivante, extremadamente delgada, continua y estable. Esta película deja la superficie inerte a las reacciones químicas. Esta es la característica principal de resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables.

Los aceros inoxidables tienen una resistencia a la corrosión natural que se forma automáticamente, es decir no se adiciona. Tienen una gran resistencia mecánica, de al menos dos veces la del acero al carbono, son resistentes a temperaturas elevadas y a temperaturas criogénicas. Son fáciles de transformar en gran variedad de productos y tiene una apariencia estética, que puede variarse sometiendo el acero a diferentes tratamientos superficiales para obtener acabado a espejo, satinado, coloreado, texturizado, etc.

2.2.5.2.1.1. Clasificación de los aceros inoxidables

Los aceros inoxidables no son indestructibles, sin embargo con una selección cuidadosa, sometidos a procesos de transformación adecuados y realizando una limpieza periódica, algún integrante de la familia de los aceros inoxidables resistirá las condiciones corrosivas y de servicio más severas.

2.2.5.2.1.1.1. Serie 400

Aceros inoxidables martensíticos

Son la primera rama de los aceros inoxidables, llamados simplemente al Cromo y fueron los primeros desarrollados industrialmente (aplicados en cuchillería). Tienen un contenido de Carbono relativamente alto de 0.2 a 1.2% y de Cromo de 12 a 18%. Los tipos más comunes son el AISI 410, 420 y 431

Las propiedades básicas son: Elevada dureza (se puede incrementar por tratamiento térmico) y gran facilidad de maquinado, resistencia a la corrosión moderada.

Principales aplicaciones: Ejes, flechas, instrumental quirúrgico y cuchillería.

Aceros Inoxidables ferríticos

También se consideran simplemente al Cromo, su contenido varía de 12 a 18%, pero el contenido de Carbono es bajo $<0.2\%$. Los tipos más comunes son el AISI 430, 409 y 434. Las propiedades básicas son: Buena resistencia a la corrosión. La dureza no es muy alta y no pueden incrementarla por tratamiento térmico. Principales aplicaciones: Equipo y utensilios domésticos y en aplicaciones arquitectónicas y decorativas.

2.2.5.2.1.1.2. Serie 300

Aceros inoxidables austeníticos

Son los más utilizados por su amplia variedad de propiedades, se obtienen agregando Níquel a la aleación, por lo que la estructura cristalina del material se transforma en austenita y de aquí adquieren el nombre. El contenido de Cromo varía de 16 a 28%, el de Níquel de 3.5 a 22% y el de Molibdeno 1.5 a 6%. Los tipos más comunes son el AISI 304, 304L, 316, 316L, 310 y 317.

Las propiedades básicas son: Excelente resistencia a la corrosión, excelente factor de higiene - limpieza, fáciles de transformar, excelente soldabilidad, no se endurecen por tratamiento térmico, se pueden utilizar tanto a temperaturas criogénicas como a elevadas temperaturas $\pm 925^{\circ}\text{C}$.

Principales aplicaciones: Utensilios y equipo para uso doméstico, hospitalario y en la industria alimentaria, tanques, tuberías, etc.

(http://www.utp.edu.co/~publio17/ac_inox.htm)

AISI	UNS	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Ni	%P	%S	Otros
ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS									
405	S40500	0,08	1	1	13	--	0,04	0,03	0,2 Al
430	S43000	0,12	1	1	17	--	0,04	0,03	--
434	S43000	0,12	1,25	1	17	--	0,04	0,03	1,0 Mn
446	S44600	0,2	1,5	1	25	--	0,04	0,03	0,25 N
18SR		0,04	0,3	1	18	--	--	--	2,0 Al, 0,4 Ti
A1 29 -4 2	S44800	0,01	0,3	0,2	29	2,2	0,025	0,02	3,8 Mo
ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS									
303	S30300	0,15	2	1	18	9	0,2	>0,15	0,06 Mo
304	S30400	0,08	2	1	19	9,2	0,045	0,03	--
316	S31600	0,08	2	1	17	12	0,045	0,03	2,0 Mo
317	S31700	0,08	2	1	19	13	0,045	0,03	3,5 Mo
321	S32100	0,08	2	1	19	14	0,045	0,03	Ti=5xC min
347	S34700	0,08	2	1	18	11	0,045	0,03	Cb+Ta =10xC min
20 Mo6		0,03	1	0,8	24	35	0,03	0,03	5,7 Mo,3C u
254 Smo	S31254	0,03	1	0,8	20	18	0,03	0,01	6,2Mo, 9,7Cu, 0,2 N
ACEROS INOXIDABLES MARTENSITICOS									
403	S40300	0,15	1	0,5	12,2	--	0,04	0,03	
410	S41000	0,15	1	1	12,2	--	0,04	0,03	
416	S41600	0,15	1,25	1	13	--	0,04	0,03	0,6 Mo
431	S43100	0,2	1	1	16	1,9	0,04	0,03	
440A	S44002	0,67	1	1	17	--	0,04	0,03	0,75 Mo
416 PLUS	S41610	0,15	1	1	13	--	0,06	>0,15	0,6 Mo

Tabla 2.2 composición de los aceros inoxidable Ferríticos, austeníticos y martensíticos

(<http://revistas.concytec.gob.pe/img/revistas/iigeo/v2n3/a01tab01g.jpg>)

2.3. EL VIDRIO

2.3.1. ¿Qué es el vidrio?

El vidrio es un material que ha sido usado por el hombre desde hace milenios. Posiblemente sea el material más viejo fabricado por el hombre y que aún continúa afectando la vida presente. El vidrio está presente en formas tan diversas como: ventanas, vasos, envases de todo tipo, telescopios, en la

industria nuclear como escudo de radiación, en electrónica como sustrato sólido para circuitos, en la industria del transporte, de la construcción etc.

Por sus características intrínsecas (brillantez, resistencia al uso, transparencia, etc.), el vidrio es un material difícilmente sustituible (y a veces, realmente insustituible) en la mayoría de sus aplicaciones.

Igualmente remarcable es la disponibilidad y bajo costo de las materias primas usadas para producirlo, especialmente su componente más importante: la sílice (que se encuentra en la arena). El vidrio es un material amorfo producido por la fusión de sílice y aditivos a muy altas temperaturas. Al enfriar se convierte en un material duro y brillante sin estructura de grano (lo cual determina muchas de sus propiedades, como veremos más adelante).

El producto que llamamos vidrio como se aprecia en la figura 2.32, es una sustancia dura, normalmente brillante y transparente, compuesta principalmente de silicatos y álcalis fusionados a alta temperatura. Se lo considera un sólido amorfo, porque no es ni sólido ni líquido, sino que existe en un estado vítreo.



Figura 2.33 vidrio (<http://www.co.all.biz/vidrio-templado-g5070#.VDn7mvl5NqU>)

2.3.2. Tipos de vidrios según su composición química

Según su composición química, los vidrios pueden clasificarse de la siguiente manera:

2.3.2.1. Vidrio sodo-cálcico

Este es el vidrio comercial más común y el menos costoso. El amplio uso de este tipo de vidrio es debido a sus importantes propiedades químicas y físicas. El vidrio sodo-cálcico es primariamente usado para envases (botellas, jarros, vasos de uso diario, etc.) y vidrio para ventanas (en la industria de la construcción y en la industria automotriz).

Para fabricarlo es necesario fundir la sílice, la cual lo hace a una temperatura muy alta (1700°C). Para reducir esa temperatura de fusión y hacer a la masa más manejable, se le agrega soda. Pero el vidrio así obtenido es suave y no muy durable, por lo que se le agrega cal para aumentar su dureza y durabilidad química. Otros óxidos se agregan por otras varias razones, o son impurezas naturales de las materias primas. Por ejemplo, el aluminio aumenta la duración química aún más y aumenta la viscosidad en los rangos de temperaturas más bajos. Otros componentes adicionales son el óxido de plomo y compuestos de boro. El óxido de plomo en cantidades moderadas aumenta la durabilidad, y en altas cantidades baja el punto de fusión y disminuye la dureza.

También incrementa el índice de refracción y es por lo tanto el aditivo más usado para vidrios de decoración con alto brillo. Los vidrios con boro tienen alta resistencia a la corrosión química y los cambios de temperatura.

La propiedad más importante del vidrio sodo-cálcico es su elevada capacidad de transmisión de la luz, lo que lo hace adecuado para usar como vidrio en ventanas. Además su superficie suave y no porosa lo hace especialmente apto para ser usado como envases pues resulta fácil de limpiar, y debido a la inercia química del vidrio sodo-cálcico, éste no contaminará el contenido ni afectará el sabor de los elementos guardados allí.

Un típico vidrio sodo-cálcico está compuesto de 71 a 75% en peso de arena (SiO_2), 12-16% de soda (óxido de sodio de la materia prima carbonato de sodio), 10-15% de cal (óxido de calcio de la materia prima carbonato de calcio) y un bajo porcentaje de otros materiales para propiedades específicas tales como el color.

Una de las mayores desventajas del vidrio sodo-cálcico es su relativamente alta expansión térmica, por lo que posee una resistencia relativamente pobre a cambios súbitos de temperatura. Esta limitación debe ser tomada en cuenta al instalar un vidrio en una ventana.

2.3.2.2. Vidrio plomado

Si se utiliza óxido de plomo en lugar de óxido de calcio, y óxido de potasio en lugar de todo o la mayoría del óxido de sodio, tendremos el tipo de vidrio comúnmente llamado cristal plomado. El óxido de plomo se agrega para bajar la temperatura de fusión, la dureza y también elevar el índice de refracción del vidrio.

Un típico vidrio plomado está compuesto de 54-65% de sílice (SiO_2), 18-38% de óxido de plomo (PbO), 13-15% de soda (Na_2O) o potasio (K_2O), y varios otros óxidos. Se pueden usar dos tipos diferentes de óxido de plomo: el PbO y el Pb_3O_4 , éste último preferido por su mayor porcentaje de oxígeno presente.

Vidrios del mismo tipo pero conteniendo menos que 18% de PbO son conocidos simplemente como cristal.

Por su alto índice de refracción y su superficie relativamente suave, el vidrio plomado es usado especialmente para decoración a través del pulido, corte y/o tallado de su superficie (vasos para beber, jarrones, bols, o ítems decorativos); también es ampliamente usado en vidrios modernos particularmente en cristales y ópticas. Se lo suele usar para aplicaciones eléctricas por su excelente aislamiento eléctrico. Asimismo es utilizado para fabricar los tubos de termómetros así como todo tipo de vidrio artístico.

El vidrio plomado no resiste altas temperaturas o cambios súbitos en temperatura y su resistencia a químicos corrosivos no es buena.

El vidrio con un contenido aún mayor de plomo (típicamente 35%) puede ser usado como pantalla de radiación porque es bien conocida la habilidad del plomo de absorber los rayos gamma y otras formas de radiación peli-grosa.

2.3.2.3. Vidrio borosilicato

El vidrio borosilicato es cualquier vidrio silicato que contenga al menos 5% de óxido bórico en su composición. Este vidrio tiene mayor resistencia a los cambios térmicos y a la corrosión química.

Gracias a estas propiedades, el vidrio borosilicato es adecuado para uso en la industria química de procesos, en laboratorios, ampollas y frascos en la industria farmacéutica, en bulbos para lámparas de alto poder, como fibra de vidrio para refuerzos textiles y plásticos, en vidrios fotocrómicos, artículos de laboratorios, elementos de uso en las cocinas (planchas eléctricas, fuentes para el horno) y otros productos resistentes al calor, vidrios para unidades selladas de vehículos, etc.

Un típico vidrio borosilicato está compuesto de un 70 a 80% de sílice (SiO_2), un 7 a 13% de ácido bórico (B_2O_3), un 4-8% de óxido de sodio (Na_2O) y óxido de potasio (K_2O), y un 2 a 7% de óxido de aluminio (Al_2O_3).

2.3.3. Propiedades Generales de los vidrios

Las propiedades físicas más importantes son las siguientes:

- Densidad: $2,5 \text{ kg/m}^3$, lo que significa un peso de $2,5 \text{ kg/m}^2$ por cada mm de espesor (es comparable con la densidad del aluminio: $2,6 \text{ kg/m}^2$)
- Punto de Ablandamiento: Aproximadamente 620°C .
- Conductividad Térmica (coeficiente λ) = 1.05 W/mK .

La diferencia existente entre varios tipos diferentes de vidrio plano es muy pequeña como para ser considerada.

- Coeficiente de Dilatación Lineal: es el alargamiento experimentado por la unidad de longitud al variar 1° C la temperatura. Para el vidrio (entre 20 y 220°C) es $9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

Por ejemplo: un vidrio de 2000 mm de longitud que aumente su temperatura en 30° C sufrirá un alargamiento de $2000 \times (9 \times 10^{-6}) \times 30 = 0.54 \text{ mm}$.

- Módulo de Elasticidad (módulo de Young) : $E = 720.000 \text{ kg/cm}^2$
- Coeficiente de Poisson: varía entre 0.22 a 0.23.
- Resistencia a la intemperie: no presenta cambios
- Resistencia Química: El vidrio resiste a la mayoría de los ácidos excepto al ácido fluorhídrico y a alta temperatura. Los álcalis, sin embargo, atacan la superficie del vidrio. Si sobre el vidrio caen elementos típicos de la construcción (cal, cemento, etc.), los álcalis de esos productos al ser liberados por la lluvia, causaran abrasión de la superficie del vidrio.
- Resistencia Mecánica:

El vidrio siempre rompe por tensiones de tracción en su superficie:

Resistencia a la Tracción: varía entre 300 y 700 kg/cm², dependiendo de la duración de la carga. Si la carga es permanente la resistencia a la tracción disminuye un 40%.

La resistencia a la tracción varía con la temperatura: a mayor temperatura, menor resistencia.

También depende del estado de los bordes del vidrio: el canto pulido brinda mayor resistencia que el canto arenado y, por último el corte neto.

Resistencia a la Compresión: aproximadamente 10.000 kg/cm² es el peso necesario para romper un cubo de vidrio de 1 cm de lado).

- Módulo de Rotura para:

Vidrios recocidos: de 350 a 550 kg/cm²

Vidrios Templados: de 1850 a 2100 kg/cm²

- Módulo de Trabajo para:

Vidrios recocidos con carga momentánea: 170 kg/cm²

Vidrios recocidos con carga permanente: 60 kg/cm²

Vidrios templados: 500 kg/cm².

- Resistencia a la Temperatura: un vidrio de 6 mm calentado a una mayor temperatura y sumergido en agua a 21° C romperá cuando la diferencia de temperatura alcance los 55° C aproximadamente. Un vidrio templado (ver "vidrios tratados térmicamente" capítulo 3) lo hará con una diferencia de temperatura de los 250°C .

- Índice de Refracción: 1.52 (El índice de refracción varía para luces de diferentes longitudes de onda).

- Transmitancia Térmica (valor U) : 5.8 W/m² °C

- Transmisión de luz visible: depende del tipo de vidrio; para el vidrio Float: 87%, vidrio armado

- 75%, Translúcido 70 a 85% (estos son valores aproximados para vidrio de 6 mm basados en luz difusa incidentes desde el cielo sobre la ventana). Los vidrios color y reflectivos tienen valores significativamente menores.

- Transmisión de Infrarrojos: El vidrio común tiene la propiedad de ser relativamente transparente a los rayos infrarrojos de onda corta, pero

relativamente opacos a los de longitud de onda larga. Esta es la razón por la que los vidrios para horticultura acumulan calor en el interior de los invernaderos. La radiación de los rayos del sol de onda corta pasan por el vidrio y es absorbida por plantas, paredes, etc., la que reirradia parte del mismo como radiación de longitud de onda larga la que, parcialmente, es reflejada hacia el interior.

- Transmisión Ultravioleta: el vidrio común transmite una proporción de los rayos UV del sol. Para impedir el ingreso de los rayos UV, se debe utilizar vidrios laminados



CAPÍTULO III

CÁLCULOS DE INGENIERÍA BÁSICA

En este capítulo nos orientaremos en las definiciones y cálculos básicos para el análisis del horno, veremos aspectos tales como forma y el dimensionamiento de la máquina, cálculo térmico, eléctrico, seguidamente del cálculo mecánico estructural, transmisión, estimación de la velocidad de desplazamiento así como también indicaremos los términos y componentes básicos de la automatización

3.1. DIMENSIONAMIENTO BÁSICO O INTERIOR DEL HORNO

Para poder determinar las dimensiones iniciales del horno se ha tomado como base las medidas del vidrio plano que son de 1.5m de largo x 0.5m de ancho como se aprecia en la figura 3.1. A partir de estas medidas es que se ha determinado que el ancho debe tener 0.1m más; es decir 5 cm adicionales a cada lado del vidrio para que este no choque contra las paredes interiores del horno al momento de desplazarse, también se ha determinado que el horno tendrá un largo de 2m como se aprecia en la figura 3.2, puesto que al ser este del tipo continuo la carga que calienta se desplaza dentro del mismo durante un determinado tiempo mediante el movimiento de vaivén hasta que este logra la temperatura deseada, esto se realiza con la finalidad de lograr un calentamiento parejo en el vidrio y que este no pierda su geometría, para la altura se ha estimado una distancia prudente de 0.3m.

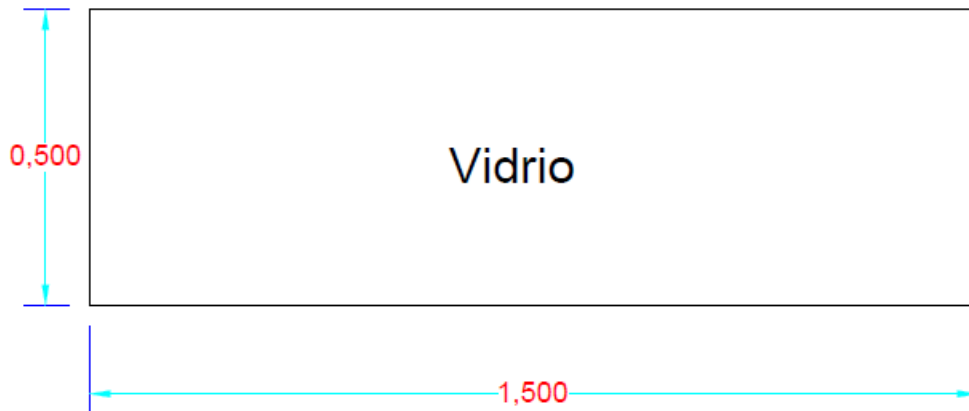


Figura 3.1 medidas del vidrio plano

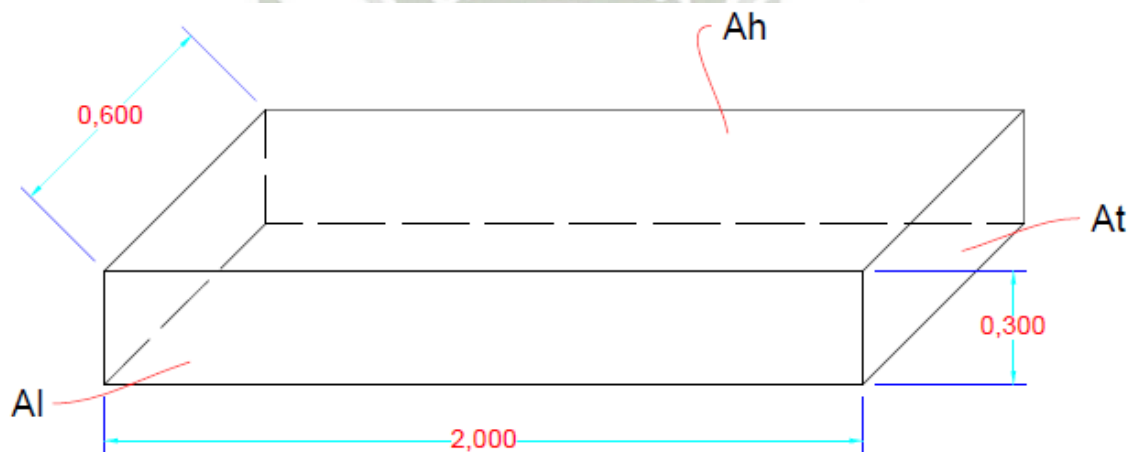


Figura 3.2 medidas internas del horno

3.2. CÁLCULO TÉRMICO DEL HORNO

Para el cálculo térmico se ha considerado que el horno esté aislado por dos materiales puesto que el poder aislante está habitualmente en relación inversa con la temperatura máxima de uso, por esto se utilizan comúnmente configuraciones multicapa, permitiendo utilizar materiales de menor conductividad a medida que disminuye la temperatura dentro de la pared del horno.

Es así que el horno constará de paredes aislantes conformadas por una capa de fibra cerámica, una capa de lana de vidrio, revestido interiormente con acero inoxidable AISI 304 por tener buena resistencia a altas temperaturas y exteriormente por un acero A36 de mayor uso comercial.

Para el planteamiento térmico se ha establecido temperaturas de frontera entre materiales, una temperatura máxima de trabajo en el interior del horno y una mínima en el exterior así como también los coeficientes de transferencia de calor como se muestra en la figura 3.3

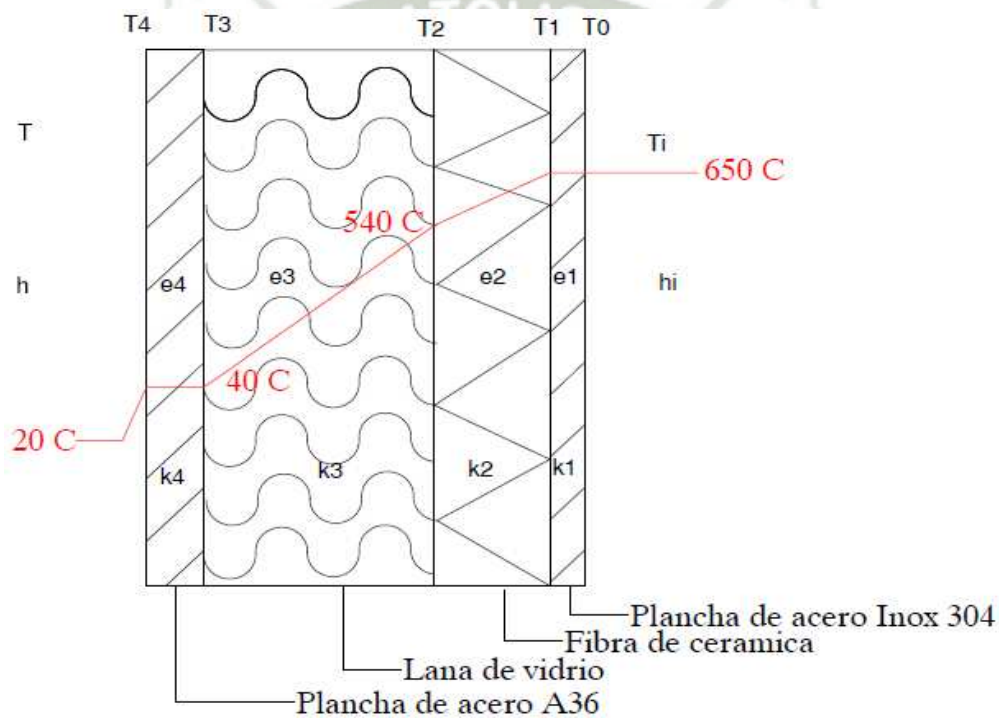


Figura 3.3 esquema térmico de las paredes del horno

Las temperaturas se han definido en torno a la temperatura máxima de diseño, temperatura ambiente promedio en Arequipa así como las temperaturas de trabajo óptimas de los aislantes térmicos como se aprecia en la figura 3.3:

$T_{\infty} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura ambiente de la ciudad Arequipa

$T_i \approx 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Esta temperatura es aproximadamente igual a la temperatura de diseño en la pared del interior del horno.

$T_0 = 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_1 = 520 \text{ }^{\circ}\text{C}$ La temperatura máxima de servicio de la lana de vidrio es $540 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y por seguridad bajamos $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_2 \approx 520 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$T_3 \approx$ Temperatura aproximadamente igual a la temperatura T_4

$T_4 = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura segura recomendada para la industria.

Los coeficientes convectivos h fueron asumidos de acuerdo a los valores estimados para coeficientes convectivos de transferencia de calor bajo diferentes condiciones y los coeficientes k fueron obtenidos de tablas de fabricantes (ver anexos)

Coeficiente	Valor	Fuente
h_{∞}	$10 \text{ w}^2/\text{m }^{\circ}\text{C}$	anexo 1
h_i	$100 \text{ w}^2/\text{m }^{\circ}\text{C}$	anexo 1
k_1	$14.9 \text{ w}/\text{m }^{\circ}\text{C}$	anexo 2
k_2	$0.20 \text{ w}/\text{m }^{\circ}\text{C}$	anexo 3
k_3	$0.039 \text{ w}/\text{m }^{\circ}\text{C}$	anexo 4
k_4	$58 \text{ w}/\text{m }^{\circ}\text{C}$	anexo 5

Tabla 3.1 coeficientes de transferencia de calor

Los espesores se definen como:

e_1 = Espesor de la pared de la plancha de acero inox 304 en m

e_2 = Espesor de la pared de fibra cerámica en m

e_3 = Espesor de la pared de lana de vidrio en m

e_4 = Espesor de la plancha de acero A36 en m

3.2.1. Cálculo preliminar de pérdida de calor

Para realizar este cálculo se tomó como base la pared del horno con mayor área hacia el ambiente exterior que en este caso corresponde a las paredes horizontales como se muestra en la figura 3.2 ya que estas tendrán la mayor pérdida de calor o transferencia de energía. También se ha asumido espesores de paredes para poder tener un área más certera para el cálculo como se muestra en la figura 3.4

La pérdida de calor se calculó partiendo del principio de la transferencia de calor por convección y radiación, utilizando la siguiente ecuación:

$$Q = Q_{cv} + Q_r \quad 3.1$$

donde,

Q = Calor total

Q_{cv} = Calor por convección

Q_r = Calor por radiación

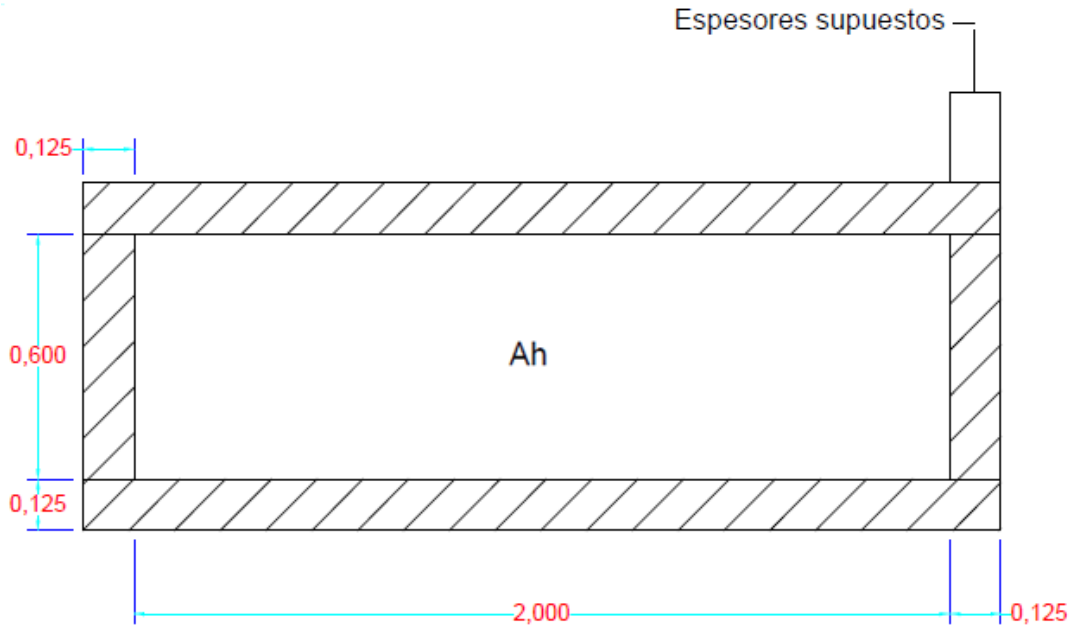


Figura 3.4 pared horizontal con espesores supuestos

$$A = b * h \quad 3.2$$

$$A = (0.125 + 0.125 + 2)m * (0.125 + 0.125 + 0.6)m$$

$$A = 1.9125 \text{ m}^2$$

Es conocido que el flujo de calor sobre una superficie plana considerando transferencia de calor se define como (Cengel 2007):

- Flujo de calor por conducción

$$Q_c = k * A * \frac{T_1 - T_2}{E} \quad (w) \quad 3.3$$

donde,

k= Coeficiente de conductividad

A= Área de transferencia de calor

T₁= Temperatura mayor

T₂= Temperatura menor

E= Espesor del material

- Flujo de calor por convección

$$Q_{cv} = h * A * (T_s - T_f) \quad (w) \quad 3.4$$

donde,

k= Coeficiente de convectividad

A= Área de transferencia de calor

T_s= Temperatura de la superficie

T_f= Temperatura del fluido

- Flujo de calor por radiación

$$Q_r = \varepsilon * \sigma * A * (T_s^4 - T_A^4) \quad (w) \quad 3.5$$

donde,

ε= Emisividad del material

σ= constante de Stefan Boltzmann =5.67*10⁻⁸ W / m²*K

A= Área de transferencia de calor

T_s= Temperatura de la superficie

T_A= Temperatura de los alrededores

Según la información definida en la ecuación 3.2 tenemos un área de transferencia de calor de 1.9125m², también se sabe que el coeficiente convectivo (tabla 3.1) para la convección natural es h=10 w²/m°C, la emisividad del acero inoxidable (anexo 2) ε = 0.3. Además en este caso se tiene una temperatura ambiente T_∞ = 20 °C o 313 °K y una temperatura de la superficie externa del horno T₄ = 40 °C o 313 °K la cual se ha determinado por seguridad para evitar quemaduras en la piel y esta información la encontramos en la web http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-300X2008000300005, luego se reemplaza los valores en las ecuaciones 3.4 y 3.5, se obtiene tanto el calor de convección como de radiación de,

$$Q_{cv} = 10 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 1.9125 m^2 * (40 - 20)^\circ C$$

$$Q_{cv} = 382.5 w \quad 3.6$$

$$Q_r = 0.3 * 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4} * 1.9125 m^2 * (313.15^4 - 293.15^4) K^4$$

$$Q_r = 72.58 w \quad 3.7$$

Reemplazando 3.6 y 3.7 en la ecuación 3.1 tenemos una pérdida de calor total en la pared horizontal de,

$$Q = 382.5 + 72.58$$

$$Q = 455.08 w \quad 3.8$$

3.2.2. Cálculo de los espesores de aislamiento y selección de espesores de planchas metálicas

Para este cálculo utilizaremos el método de conducción de calor en estado estable en paredes planas para lo cual se sabe que la velocidad de conducción de calor a través de una pared plana es proporcional a la conductividad térmica, al área de la pared y a la diferencia de temperatura, pero es inversamente proporcional al espesor de la pared (Cengel 2007):

- El flujo de calor conductivo a través de una pared se define como

$$Q_{cond} = \frac{T_1 - T_2}{R_{cond}} \quad (w) \quad 3.9$$

donde,

T₁= Temperatura mayor

T₂= Temperatura menor

R= Resistencia térmica

- La resistencia térmica conductiva de una pared se define como

$$R_{cond} = \frac{e}{K \cdot A} \quad (\text{°C/w}) \quad 3.10$$

donde,

e= Espesor del aislamiento

K= Coeficiente conductivo de transferencia de calor

A= Área de transferencia de calor

Hay que indicar que los materiales y el ambiente externo e interno del horno forman un circuito de resistencias térmicas por conducción y convección en serie como se muestra en la figura 3.5, por lo tanto el calor que circule a través de ellas será el mismo. En la sumatoria de las resistencias térmicas se involucran tanto las que se dan por conducción como las de convección por ende también se definen las fórmulas para la convección:

- El flujo de calor convectivo a través de una pared se define como

$$Q_{conv} = \frac{T_s - T_{\infty}}{R_{conv}} \quad (\text{w}) \quad 3.11$$

donde,

T_s= Temperatura de la superficie

T_∞= Temperatura del ambiente

R= Resistencia térmica

- La resistencia térmica conductiva de una pared se define como

$$R_{conv} = \frac{1}{h \cdot A} \quad (\text{°C/w}) \quad 3.12$$

donde,

h= Coeficiente convectivo de transferencia de calor

A= Área de transferencia de calor

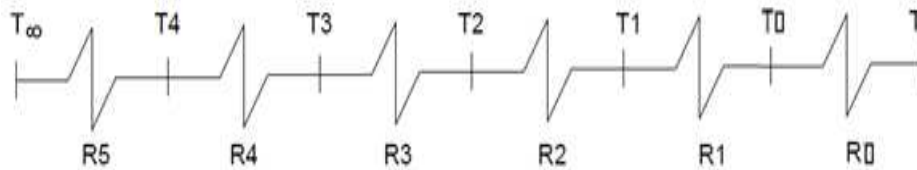


Figura 3.5 resistencias térmicas en serie

donde,

R_0 = Resistencia térmica por el ambiente convectivo interior

R_1 = Resistencia térmica por conducción en la pared de espesor e_1

R_2 = Resistencia térmica por conducción en la pared de espesor e_2

R_3 = Resistencia térmica por conducción en la pared de espesor e_3

R_4 = Resistencia térmica por conducción en la pared de espesor e_4

R_5 = Resistencia térmica por el ambiente convectivo exterior

Para encontrar los espesores de los componentes de la pared del horno se utilizará las temperaturas establecidas en la sección 3.2.2. Se procede a realizar el análisis del flujo de calor por partes, es decir los límites de frontera difieren de pared a pared pero se mantiene el criterio de que el flujo de calor será constante a lo largo del circuito puesto que está en serie.

También se establece que el área de transferencia de calor es la que se muestra en la figura 3.6

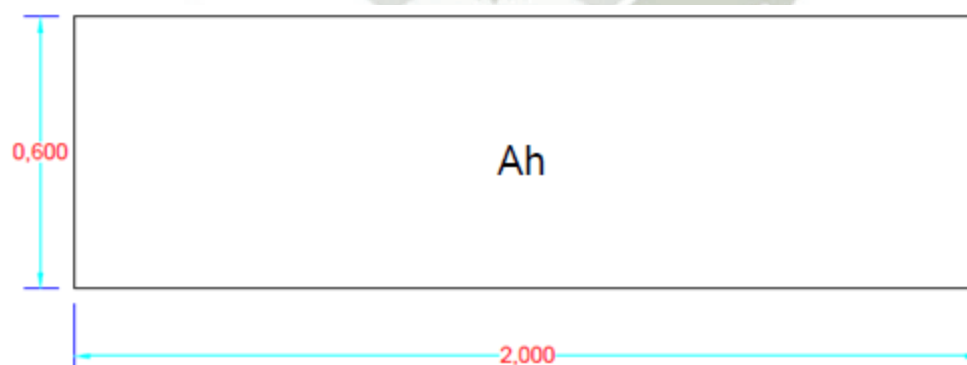


Figura 3.6 área de transferencia de calor horizontal

Reemplazando en 3.2 tenemos

$$A = 0.6 * 2$$

$$A = 1.2 \text{ m}^2 \quad 3.13$$

- **Espesor e_1**

El espesor E_1 corresponde a la plancha de acero inoxidable AISI 304 que recubrirá el horno interiormente y se ha seleccionado una plancha de acero con 0.4 mm de espesor.

$$e_1 = 0.4 \text{ mm} \quad 3.14$$

- **Espesor e_2**

El material de la pared es fibra cerámica y sus límites de frontera son T_1 y T_2 , reemplazando 3.8 y 3.10 en 3.9 tenemos

$$455.08 = \frac{650 - 520}{\frac{e_2}{0.2 * 1.2}} = \frac{T_1 - T_2}{R_2}$$

$$e_2 = 0.069\text{m}$$

$$e_2 = 70\text{mm} \quad 3.15$$

Tomando en cuenta que en el mercado existen espesores de fibra cerámica de 20mm, 50mm y 80mm, y con respecto al valor que se indica en los cálculos seleccionamos el de 20mm y 50mm.

- **Espesor e_3**

El espesor e_3 corresponde al de la lana de vidrio y sus límites de frontera son T_3 y T_2 , reemplazando 3.8 y 3.10 en 3.9 tenemos

$$455.08 = \frac{520 - 40}{\frac{e_3}{0,039 * 1.2}} = \frac{T_2 - T_3}{R_3}$$

$$e_3 = 0.049\text{m}$$

$$e_3 = 50\text{mm} \quad 3.16$$

Los espesores disponibles para la lana de vidrio son; tabla 4 lana de vidrio: 4cm, 5. cm y 6 cm. Analizando los valores para e_2 de los cálculos y con respecto a los espesores disponibles en los catálogos, se determina que el espesor más adecuado de $e_3 = 50.00$ mm.

- **Espesor e_4**

El espesor e_4 corresponde a la plancha de acero A36 que recubrirá el horno (exterior) y se ha seleccionado una plancha de acero con 1.2mm de espesor.

$$e_4 = 1.2\text{mm} \quad 3.17$$

- **Espesor Total**

Para la pared del horno, se presenta el siguiente resultado:

$$e_t = e_1 + e_2 + e_3 + e_4$$

$$e_t = 120.16\text{mm}$$

3.2.2.1. Comprobación de los espesores de aislantes seleccionados

Ahora se debe comprobar que con los espesores calculados permitan que las temperaturas en cada uno de los componentes no excedan de los límites establecidos por los fabricantes.

- **Comprobación del espesor e_1 (fibra cerámica).**

A continuación se presenta el cálculo de la temperatura T_2 a la que debe llegar la pared de fibra cerámica cuyo espesor corresponde a e_1 , la misma que debe ser menor o igual a 540 °C puesto que es también la temperatura máxima de servicio de la lana de vidrio. Reemplazando 3.8, 3.15 y 3.10 en 3.9 tenemos

$$455.08 = \frac{650 - T_2}{\frac{0.07}{0,2 * 1.2}}$$

$$T_2 = 517.26\text{ °C} \quad \text{ok}$$

- **Comprobación del espesor e_3 (lana de vidrio).**

Se debe asegurar que la temperatura T_3 correspondiente a la cara de menos temperatura de la lana de vidrio, no supere al valor de 40 °C que se recomienda para la industria. Reemplazando 3.8, 3.16 y 3.10 en 3.9 tenemos

Paredes del horno.

$$455.08 = \frac{520 - T_3}{\frac{0.05}{0.039 * 1.2}}$$

$$T_3 = 33.79\text{ °C} \quad \text{ok}$$

• **Tabla comparativa de diferentes espesores y temperaturas**

Como se aprecia en la tabla 3.2 para diferentes espesores tenemos diferentes temperaturas resultantes, cabe mencionar que para un espesor $e_2 = 6$ cm tenemos una temperatura de $536\text{ }^{\circ}\text{C}$ la cual está dentro de los parámetros de trabajo de la lana de vidrio pero por factores de seguridad no se ha tomado en cuenta.

				<540	<40
e2 (cm)	e3 (cm)	e2 (m)	e3 (m)	T2=	T3=T4=
0	0	0	0	650	520
1	1	0.01	0.01	631.04	422.76
2	2	0.02	0.02	612.08	325.52
3	3	0.03	0.03	593.11	228.28
4	4	0.04	0.04	574.15	131.04
5	5	0.05	0.05	555.19	33.79
6	6	0.06	0.06	536.23	-63.44
7	7	0.07	0.07	517.26	-160.68
8	8	0.08	0.08	498.31	-257.92
9	9	0.09	0.09	479.34	-355.16

Tabla 3.2 comparación de diferentes espesores y temperaturas de trabajo

Con los resultados obtenidos se tiene temperaturas de trabajo por debajo de las diseño como se muestra en la figura 3.7 con lo cual se corrobora que los espesores seleccionados soportan las temperaturas establecidas.

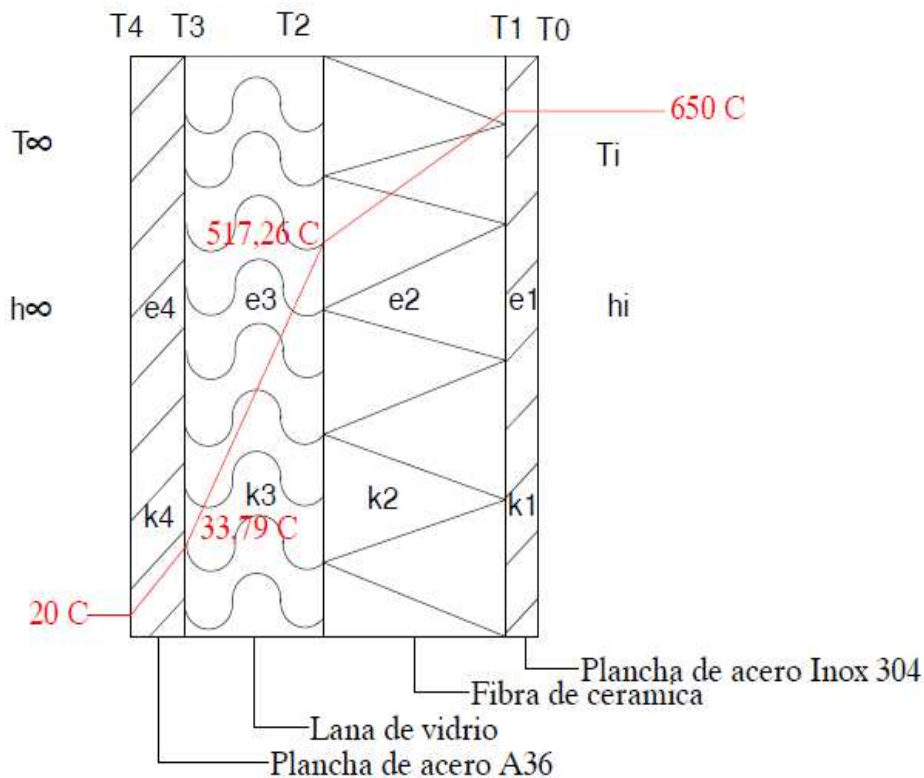


Figura 3.7 esquema de temperaturas y espesores resultantes

3.2.3. Pérdidas de calor en el horno por paredes

Debido a que el flujo de calor es constante en un circuito térmico con resistencias en serie, considerando convección y conducción, el calor que se pierde desde la pared exterior hacia el ambiente exterior del horno debe ser igual al calor que se pierde desde el ambiente interior del horno hasta el ambiente exterior del mismo, como se indica en la figura 3.8

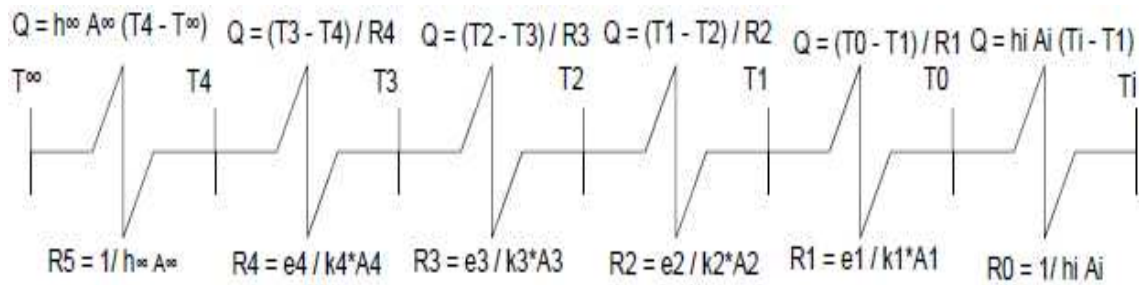


Figura 3.8 flujo de calor a través de resistencias térmicas

Partiendo de la ecuación y tomando en cuenta el circuito de la figura 3.8 tenemos que

$$Q_{cc} = \frac{T_i - T^\infty}{(R_0 + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5)}$$

$$Q_{cc} = \frac{T_i - T^\infty}{\Sigma R}$$

3.18

También se considerará el calor por radiación, por lo tanto de aplicará y tomará en cuenta la ecuación 3.5, entonces tenemos que el calor total perdido en una pared es

$$Q_p = Q_{cc} + Q_r$$

3.19

3.2.3.1. Pérdidas en pared horizontal

Para este caso utilizaremos el área del techo o base del horno como se aprecia en la figura 3.9

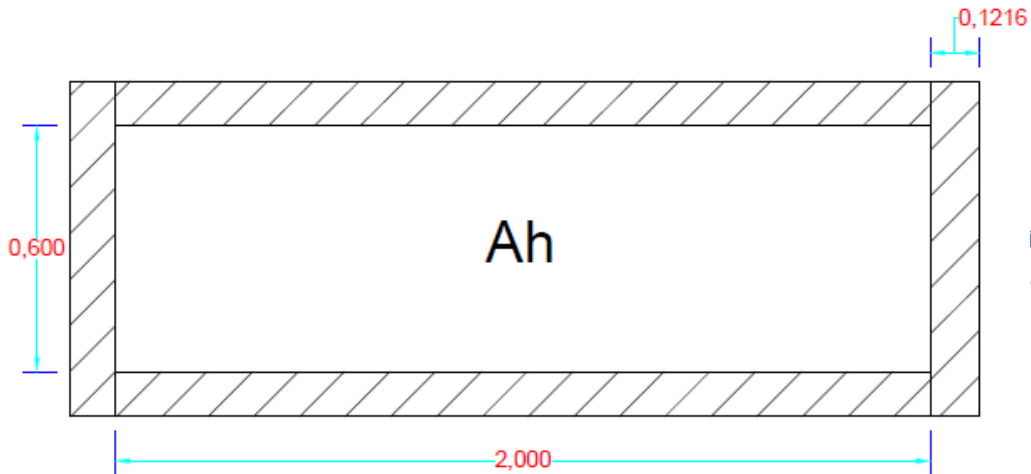


Figura 3.9 área del techo o base

Reemplazando valores en 3.2 tenemos

$$A = (2.2432)\text{m} * (0.8432)\text{m}$$

$$A = 1.89\text{ m}^2$$

3.20

- **Por conducción y Convección**

Reemplazando valores de la tabla 3.1, 3.20 en 3.10 y 3.12 para cada resistencia tenemos

$$R_0 = \frac{1}{\left(100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}}\right) (1.89\text{ m}^2)} = 0.00528690 \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

$$R_1 = \frac{0.0004\text{m}}{\left(14.19 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}}\right) (1.89\text{ m}^2)} = 0.00001419 \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

$$R_2 = \frac{0.070\text{m}}{\left(0.20 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}\right) (1.89 \text{ m}^2)} = 0.18504163 \frac{\text{°C}}{\text{w}}$$

$$R_3 = \frac{0.05 \text{ m}}{\left(0.039 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}\right) (1.89 \text{ m}^2)} = 0.67780818 \frac{\text{°C}}{\text{w}}$$

$$R_4 = \frac{0.0012 \text{ m}}{\left(58 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}\right) (1.89 \text{ m}^2)} = 0.00001094 \frac{\text{°C}}{\text{w}}$$

$$R_5 = \frac{1}{\left(10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}}\right) (1.89 \text{ m}^2)} = 0.05286904 \frac{\text{°C}}{\text{w}}$$

$$\Sigma R = 0.9210 \frac{\text{°C}}{\text{w}}$$

3.21

Al reemplazar temperaturas y 3.21 en 3.18 tenemos

$$Q_{cc} = \frac{(650 - 20)\text{°C}}{0.9210}$$

$$Q_{cc} = 684.02 \text{ w}$$

3.22

- **Por radiación**

Reemplazando valores de temperaturas y 3.20 en 3.5 tenemos

$$Q_r = 0.3 * 5.67 * 10^{-8} \frac{\text{w}}{\text{m}^2 * \text{k}^4} * 1.89\text{m}^2 * (313.15^4 - 293.15^4)\text{k}^4$$

$$Q_r = 71.79 \text{ w}$$

3.23

- **Calor total en la pared horizontal**

Reemplazando valores 3.22 y 3.23 en 3.19 tenemos

$$Q_{Ph} = 684.02 + 71.69$$

$$Q_{Ph} = 755.80 \text{ w} \quad 3.24$$

3.2.3.2. Pérdidas en pared lateral

Para este caso utilizaremos el área del costado derecho o izquierdo del horno como se aprecia en la figura 3.9

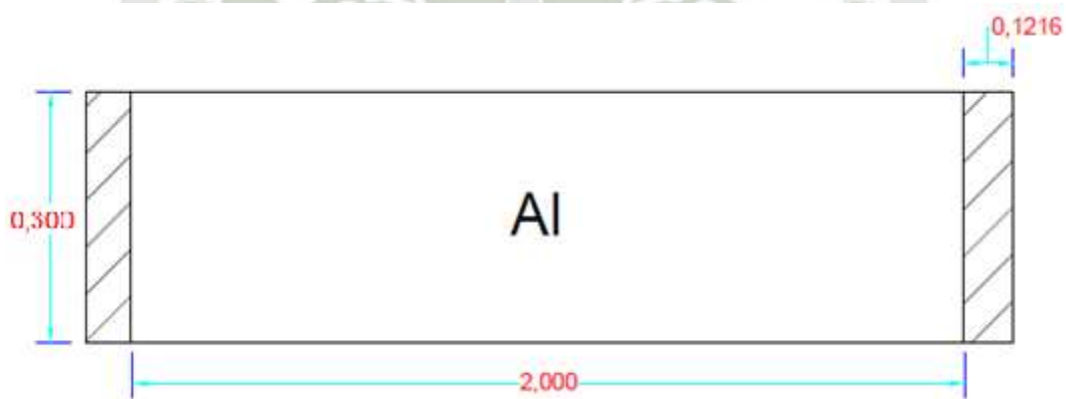


Figura 3.10 área de las paredes laterales

Reemplazando en 3.2 tenemos

$$A = (2.2432)(0.3 \text{ m})$$

$$A = 0.67 \text{ m}^2 \quad 3.25$$

- **Por conducción y Convección**

Reemplazando valores de la tabla 3.1, 3.20 en 3.10 y 3.12 para cada resistencia tenemos

$$R_0 = \frac{1}{\left(100 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right) (0.67m^2)} = 0.01485972 \frac{^\circ C}{w}$$

$$R_1 = \frac{0.0004m}{\left(14.9 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right) (0.67m^2)} = 0.00003989 \frac{^\circ C}{w}$$

$$R_2 = \frac{0.070m}{\left(0.20 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right) (0.67m^2)} = 0.52009035 \frac{^\circ C}{w}$$

$$R_3 = \frac{0.050 m}{\left(0.039 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right) (0.67m^2)} = 1.90509285 \frac{^\circ C}{w}$$

$$R_4 = \frac{0.0012 m}{\left(58 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right) (0.67m^2)} = 0.00003074 \frac{^\circ C}{w}$$

$$R_5 = \frac{1}{\left(10 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right) (0.67m^2)} = 0.14859724 \frac{^\circ C}{w}$$

$$\Sigma R = 2.59 \frac{^\circ C}{w}$$

3.26

Al reemplazar valores de temperaturas y 3.26 en 3.18 tenemos

$$Q_{cc} = \frac{(650 - 40)^\circ C}{2.59}$$

$$Q_{cc} = 243.36 w$$

3.27

- **Por radiación**

Reemplazando valores de temperaturas y 3.25 en 3.5 tenemos

$$Q_r = 0.3 * 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4} * 0.67m^2 * (313.15^4 - 293.15^4)K^4$$

$$Q_r = 25.54 w \quad 3.28$$

- **Calor total en la pared vertical**

Reemplazando valores de 3.27 y 3.28 en 3.19 tenemos

$$Q_{PV} = 243.36 + 25.54$$

$$Q_{PV} = 268.90 w \quad 3.29$$

3.2.3.3. Pérdidas en las paredes transversales (delantera o trasera)

Para este caso utilizaremos el área de la parte delantera o trasera del horno como se aprecia en la figura 3.10

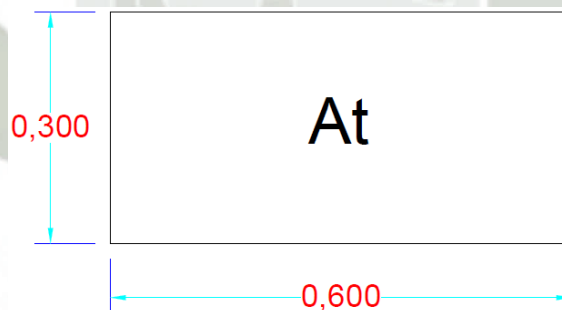


Figura 3.11 área de las paredes transversales

Reemplazando en 3.2 tenemos

$$A = (0.60)(0.3 m)$$

$$A = 0.18 m^2 \quad 3.30$$

- **Por conducción y Convección**

Reemplazando valores de la tabla 3.1, 3.30 en 3.10 y 3.12 para cada resistencia tenemos

$$R_1 = \frac{1}{\left(100 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right) (0.18 m^2)} = 0.05555556 \frac{^\circ C}{w}$$

$$R_2 = \frac{0.0004m}{\left(14.9 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}\right) (0.18 m^2)} = 0.0001491 \frac{^\circ C}{w}$$

$$R_3 = \frac{0.070m}{\left(0.20 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}\right) (0.18m^2)} = 1.7115082 \frac{^\circ C}{w}$$

$$R_4 = \frac{0.050 m}{\left(0.039 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}\right) (0.18m^2)} = 7.7519380 \frac{^\circ C}{w}$$

$$R_5 = \frac{0.0012 m}{\left(58 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}\right) (0.18 m^2)} = 0.0001419 \frac{^\circ C}{w}$$

$$R_6 = \frac{1}{\left(10 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right) (0.18 m^2)} = 0.5555556 \frac{^\circ C}{w}$$

$$\Sigma R = 9.68 \frac{^\circ C}{w} \quad 3.31$$

Al reemplazar valores de temperaturas y 3.31 en 3.18 tenemos

$$Q_{cc} = \frac{(650 - 40)^\circ C}{9.68 \frac{^\circ C}{w}}$$

$$Q_{cc} = 65.09 w \quad 3.32$$

- **Por radiación**

Reemplazando valores de temperaturas y 3.30 en 3.5 tenemos

$$Q_r = 0.3 * 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4} * 0.18m^2 * (313.15^4 - 293.15^4)K^4$$

$$Q_r = 6.83 w \quad 3.33$$

- **Calor total en la pared transversal**

Reemplazando valores de 3.32 y 3.33 en 3.19 tenemos

$$Q_{PT} = 65.09 + 6.83$$

$$Q_{PT} = 71.93 w \quad 3.34$$

3.2.3.4. Pérdida de calor total en las paredes del horno (Q_t)

Ahora que ya se ha obtenido los calores que atraviesan las paredes del horno se puede calcular la pérdida del calor total. Puesto que se ha hecho el cálculo para una sola pared multiplicaremos por dos para obtener la pérdida total.

Entonces se tiene la siguiente expresión:

$$Q_T = Q_{Ph} + Q_{PV} + Q_{PT}$$

$$Q_T = (755.80 * 2)(268.90 * 2)w + (71.93 * 2)w$$

$$Q_T = 2193.26 w$$

$$Q_T = 2.06 Kw \quad 3.35$$

3.2.4. Calor necesario para el calentamiento de los materiales del horno.

Es necesario determinar el calor necesario para llevar al horno a la temperatura de trabajo o temperatura interna de 650°C puesto que para llegar a esta los materiales del horno deben ser calentados hasta sus temperaturas de diseño.

El calor que ha de impartirse a la carga es igual al producto del peso de la carga por la elevación de temperatura y por el calor específico medio de la carga, es decir

$$Q = m * CP * \Delta T \quad 3.36$$

donde,

m = Masa total del material

CP = Calor específico del material (kcal/kg °C)

ΔT = Variación de temperatura en material (°C)

También sabemos que la densidad de un material es igual a su masa dividida entre del volumen, despejando la masa tenemos la ecuación

$$m = \delta * V \quad 3.37$$

donde,

m = Masa total del material (kg)

δ = Densidad del material (kg/m³)

V = Volumen del material (m³)

También es conocido que el volumen de un cuerpo o material es igual al área que ocupa multiplicado por el espesor

$$V = A * e \quad 3.38$$

donde,

A = Área del material (m²)

e = Espesor del material (m)

En la tabla 3.3 se muestra los valores típicos de los calores específicos y densidades de los materiales utilizados en el horno.

Material	CP (kcal/kg °C)	δ (kg/m ³)	Fuente
Vidrio	0.2	2500	Anexo 6
A36	0.11	7850	Anexo 5
AISI 304	0.11	7900	Anexo 2
Fibra cerámica	0.27	64	Anexo 3
Lana de vidrio	0.19	14	Anexo 4

Tabla 3.3 calores específicos y densidades de los materiales

3.2.4.1. Calor necesario para el calentamiento del vidrio

En este caso utilizaremos el tipo de vidrio sodo-cálcico por ser el más comercial y de baja resistencia a la transferencia de calor (es fácil de calentar).

- **Volumen de vidrio**

Reemplazando valores en 3.38 tenemos

$$V_V = \text{ancho} * \text{largo} * \text{espesor}$$

$$V_V = 0.5\text{m} * 1.5\text{m} * 0.003\text{m}$$

$$V_V = 0.0023 \text{ m}^3 \qquad 3.39$$

- **Masa de vidrio**

Reemplazando 3.39 y densidad de la tabla 3.3 en 3.37 tenemos

$$m_v = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.0023 \text{ m}^3$$

$$m_v = 5.63\text{kg} \quad 3.40$$

- **Calor necesario**

Reemplazando 3.40, temperaturas y calor específico de la tabla 3.3 en 3.36 tenemos

$$Q_v = 5.63\text{kg} * 0.20 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} * (650 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q_v = 708.75 \text{ Kcal}$$

$$Q_v = 823.72 \text{ w} * \text{hr} \quad 3.41$$

3.2.4.2. Calor necesario para el calentamiento del sistema motriz (polines)

Para el sistema motriz se va a utilizar 20 polines del material A36 de 60 cm de largo (dentro del horno) 23mm de diámetro interno y 2mm de espesor.

- **Volumen del sistema motriz**

Reemplazando valores en 3.38 tenemos

$$V_{SM} = (\pi * R^2 - \pi * r^2) * l * 20$$

$$V_{SM} = (\pi * 0.0135^2 - \pi * 0.0115^2) * 0.6 * 20$$

$$V_{SM} = 0.0019 \text{ m}^3 \quad 3.42$$

- **Masa del sistema motriz**

Reemplazando 3.42 y densidad de la tabla 3.3 en 3.37 tenemos

$$m_{SM} = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.0019\text{m}^3$$

$$m_{SM} = 14.8 \text{ kg} \quad 3.43$$

- **Calor necesario**

Reemplazando 3.43, temperaturas y calor específico de la tabla 3.3 en 3.36 tenemos

$$Q_{SM} = 14.8 \text{ kg} * 0.11 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (650 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q_{SM} = 1027.52 \text{ Kcal}$$

$$Q_{SM} = 1194.20\text{w} * \text{hr} \quad 3.44$$

3.2.4.3. Calor necesario para calentar las planchas de acero que recubren el horno

Para este caso se considerará tanto las planchas interiores como exteriores del horno.

3.2.4.3.1. Calor necesario para calentar la plancha de acero 304 inoxidable interior

- **Volumen de la plancha interior**

Reemplazando valores en 3.38 tenemos

$$V_{PAI} = V_{PAI \text{ Paredes horizontales}} + V_{PAI \text{ Paredes verticales}} + V_{PAI \text{ Paredes transversales}}$$

$$V_{PAI} = 2 * (0.6 * 2 * 0.0004) + 2 * (0.3 * 2 * 0.0004m) + 2 * (0.6 * 0.3 * 0.0004m)$$

$$V_{PAI} = 0.0016 \text{ m}^3 \quad 3.45$$

- **Masa de acero a calentar**

Reemplazando 3.45 y densidad de la tabla 3.3 en 3.37 tenemos

$$m_{PAI} = 7900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.00158 \text{ m}^3$$

$$m_{PAI} = 12.43\text{kg} \quad 3.46$$

- **Calor necesario**

Reemplazando 3.46, temperaturas y calor específico de la tabla 3.3 en 3.36 tenemos

$$Q_{PAI} = 12.43\text{kg} * 0.11 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (650 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q_{PAI} = 683.89 \text{ Kcal}$$

$$Q_{PAI} = 794.83 \text{ w} * \text{hr} \quad 3.47$$

3.2.4.3.2. Calor necesario para calentar la plancha de acero exterior A36

- **Volumen de la plancha exterior**

Reemplazando valores en 3.38 tenemos

$$V_{PAI} = V_{PAE \text{ Paredes horizontales}} + V_{PAE \text{ Paredes verticales}} + V_{PAE \text{ Paredes transversales}}$$

$$V_{PAI} = 2 * (0.84 * 2.24 * 0.0012) + 2 * (0.54 * 2.24 * 0.0012) + 2 * (0.84 * 0.54 * 0.0012)$$

$$V_{PAE} = 0.0085\text{m}^3 \quad 3.48$$

- **Masa de acero a calentar**

Reemplazando 3.48 y densidad de la tabla 3.3 en 3.37 tenemos

$$m_{PAE} = 7900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.0085 \text{ m}^3$$

$$m_{PAE} = 67.21 \text{ kg} \quad 3.49$$

- **Calor necesario**

Reemplazando 3.49, temperaturas y calor específico de la tabla 3.3 en 3.36 tenemos

$$Q_{PAE} = 67.21\text{kg} * 0.11 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (40 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q_{PAE} = 147.86\text{Kcal}$$

$$Q_{PAE} = 171.85 \text{ w * hr} \quad 3.50$$

3.2.4.3.3. Calor total necesario planchas de acero

$$Q_{TPA} = Q_{PAI} + Q_{PAE} \quad 3.51$$

Reemplazando 3.47 y 350 en 3.51 tenemos

$$Q_{TPA} = 794.84 + 171.85$$

$$Q_{TPA} = 966.68 \text{ w * hr} \quad 3.52$$

3.2.4.4. Calor necesario para el calentamiento de la fibra cerámica

- **Volumen de la fibra cerámica**

Reemplazando valores en 3.38 tenemos

$$V_{FC} = V_{FC \text{ Paredes horizontales}} + V_{FC \text{ Paredes verticales}} + V_{FC \text{ Paredes transversales}}$$

$$V_{FC} = 2 * (0.74 * 2.14 * 0.07) + 2 * (0.44 * 2.14 * 0.07) + 2 * (0.74 * 0.44 * 0.07)$$

$$V_{FC} = 0.40 \text{ m}^3 \quad 3.53$$

- **Masa de acero a calentar**

Reemplazando 3.53 y densidad de la tabla 3.3 en 3.37 tenemos

$$m_{FC} = 64 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.259 \text{ m}^3$$

$$m_{FC} = 25.54 \text{ kg} \quad 3.54$$

- **Calor necesario**

Reemplazando 3.54, temperaturas y calor específico de la tabla 3.3 en 3.36 tenemos

$$Q_{FC} = 25.54 \text{ kg} * 0.27 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * \left(\frac{650 + 520}{2} - 20 \right) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{FC} = 3896.61 \text{ Kcal}$$

$$Q_{FC} = 4528.73 \text{ w * hr} \quad 3.55$$

3.2.4.5. Calor necesario para el calentamiento de la lana de vidrio

- **Volumen de la lana de vidrio**

Reemplazando valores en 3.38 tenemos

$$V_{LV} = V_{LV \text{ Paredes horizontales}} + V_{LV \text{ Paredes verticales}} + V_{LV \text{ Paredes transversales}}$$

$$V_{LV} = 2 * (0.84 * 2.24 * 0.05) + 2 * (0.54 * 2.24 * 0.05) + 2 * (0.84 * 0.54 * 0.05)$$

$$V_{LV} = 0.35 \text{ m}^3 \quad 3.56$$

- **Masa de acero a calentar**

Reemplazando 3.56 y densidad de la tabla 3.3 en 3.37 tenemos

$$m_{LV} = 14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.35 \text{ m}^3$$

$$m_{LV} = 4.96 \text{ kg} \quad 3.57$$

- **Calor necesario**

Reemplazando 3.57, temperaturas y calor específico de la tabla 3.3 en 3.36 tenemos

$$Q_{LV} = 4.96 \text{ kg} * 0.19 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} * \left(\frac{520 + 40}{2} - 20 \right) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{LV} = 245.16 \text{ Kcal}$$

$$Q_{LV} = 284.93 \text{ w} * \text{hr} \quad 3.58$$

3.2.4.6. Calor total (Q_T) y su distribución en los materiales

El calor total es la sumatoria de todos los calores distribuidos en los materiales del horno como se muestra en la figura 3.11. Con los datos que se han obtenido anteriormente se calcula el consumo total de energía del horno, considerando un 10% más de la suma total, por otras pérdidas de calor.

$$Q_T = (Q_V + Q_{SM} + Q_{TPA} + Q_{FC} + Q_{LV}) * 1.1 \quad 3.59$$

Reemplazando 3.41, 3.44, 3.52, 3.55 y 3.58 en 3.59 tenemos

$$Q_T = (823.72 + 1194.20 + 966.68 + 4528.73 + 284.93) * 1.1$$

$$Q_T = 8578.09 \quad 3.60$$

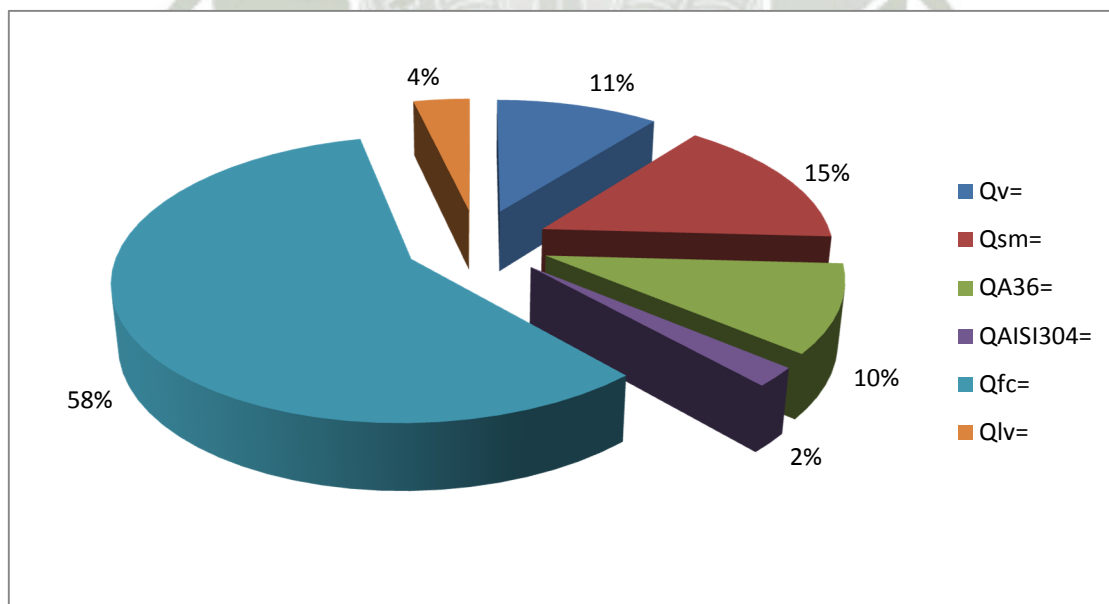


Figura 3.12 distribuciones de calores por materiales

En la figura 3.12 se observa que el elemento que necesita mayor calor para llegar a su temperatura de trabajo es la fibra cerámica con 58 %, seguidamente tenemos el sistema motriz con el 15%, el vidrio con el 11%, la plancha de acero exterior con el 10%, la lana del vidrio con el 4 % y el que necesita menos calor es la plancha de acero inoxidable o recubrimiento interior con el 2%.

El calor necesario para calentar un material está directamente ligado a su masa, calor específico y temperaturas de trabajo por ende estos factores determinan la cantidad. En nuestro caso el horno está compuesto mayormente por fibra cerámica por lo tanto este es el material con mayor consumo de calor.

Las paredes del horno están diseñadas para soportar ciertas temperaturas, es por eso que se hacen necesarias las cantidades de calor calculadas anteriormente para alcanzar y mantener la temperatura requerida de 650 °C en el interior del horno y poder así llevar hasta esta temperatura al vidrio.

3.3. CÁLCULO ELÉCTRICO DEL HORNO

Con los cálculos anteriormente expuestos tenemos la necesidad de cubrir cierta cantidad de calor o energía. Puesto que el calor es un valor fijo y este a su vez está en función del tiempo, con este último parámetro es que se ha determinado la potencia necesaria para calentar el horno. Si se requiere calentar el horno en el menor tiempo posible se tendrá que utilizar mayor potencia y viceversa.

En los hornos eléctricos de resistencia, la potencia eléctrica absorbida por los elementos es disipada en forma de calor hacia la zona de calentamiento, esta transformación de energía eléctrica en calor se basa en el efecto Joule.

Una corriente eléctrica de intensidad I (amperios) que circula por un conductor de resistencia R (ohmios) produce una disipación de calor. El

equivalente térmico de la entrada en Kw de los elementos es igual al consumo del calor del horno.

3.3.1. Potencia del horno

Para el cálculo de la potencia se tomó un tiempo aproximado de calentamiento de 17 minutos o 0.29hrs. Para que el horno se caliente en el menor tiempo posible se tendrá que utilizar mayor potencia por ende el tiempo que se está considerando es prudente.

$$Q_T = \frac{8578.09 \text{ w} * \text{hr}}{0.29 \text{ hr}}$$

$$Q_T = 30000 \text{ w}$$

$$Q_T \approx 30 \text{ kw} \tag{3.61}$$

3.3.1.1. Cálculo del rendimiento del horno (η).

$$\eta = \left(\frac{Q_T}{Q_T + Q_t} \right) * 100\% \tag{3.62}$$

donde,

Q_T = Consumo calorífico del horno en Kw

Q_t = Es el valor total de la perdida de calor en las paredes horizontales, verticales y transversales en Kw

Reemplazando 3.35 y 3.61 valores en 3.62 tenemos

$$\eta = \left(\frac{30}{30 + 2.19} \right) * 100\%$$

$$\eta = 93\%$$

3.3.2. Cálculo y selección de las Resistencias Del Horno

Para el cálculo de las resistencias vamos a definir parámetros básicos como tensión y fases a utilizar, en este caso trabajaremos con tensión trifásica de 380 V por ser la de mayor uso en la industria

Las resistencias que se utilizarán son del tipo alambre metálico y el material empleado en su fabricación es la aleación de base Ni-Cr. De todas ellas la más utilizada en resistencias de hornos eléctricos es 80Ni- 20Cr. Tiene una gran resistencia a la oxidación en caliente y sus características mecánicas son muy buenas a temperaturas elevadas, permite grandes variaciones de temperatura. Las resistencias serán colocadas en conexión estrella como se muestra en la figura 3.13 utilizando seis de estas las que estarán distribuidas de forma simétrica en el techo del horno

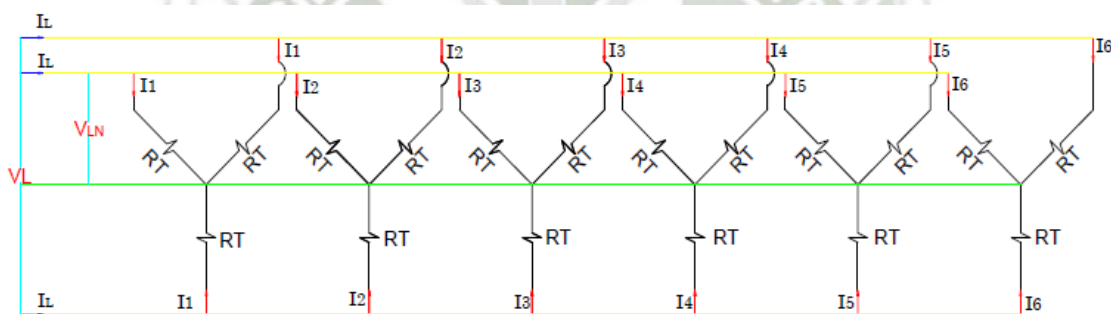


Figura 3.13 distribución de resistencias, voltajes y corrientes

3.3.2.1. Corriente de línea

Para el caso de las conexiones trifásicas tenemos la siguiente ecuación

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \text{Cos}\phi$$

Donde,

P = Es la potencia real, en W

V_L = Es el voltaje de línea a línea, en V

I_L = Es la corriente de línea, en Amp.

$\text{Cos}\phi$ = factor de potencia=1 (cargas netamente resistivas)

Despejando la corriente tenemos,

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\phi} \quad 3.62$$

Reemplazando 3.61 y valor de tensión trifásica tenemos

$$I_L = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 1}$$

$$I_L = 45.58 \text{ A} \quad 3.63$$

3.3.2.2. Corriente en la resistencia

De la figura 3.12 tenemos

$$I_{RT} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 = \frac{I_L}{6} \quad 3.64$$

Reemplazando 3.63 en 3.64

$$I_{RT} = \frac{45.58}{6}$$

$$I_{RT} = 7.59 \text{ A} \quad 3.65$$

3.3.2.3. Voltaje de línea a neutro

$$V_{LN} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad 3.66$$

donde,

V_{LN} = Es el voltaje de línea a neutro, y corresponde también al voltaje de carga

Reemplazando el voltaje trifásico en 3.66

$$V_{LN} = \frac{380}{\sqrt{3}}$$

$$V_{LN} = 219.4 \text{ V} \quad 3.67$$

3.3.2.4. Potencia de resistencia RT

Sabemos que la potencia está definida como,

$$P_R = V_{LN} * I_{RT} \quad 3.68$$

Reemplazando 3.67 y 3.65 en 3.68

$$P_R = 219.4 * 7.59$$

$$P_R = 1666.67 \text{ w} \quad 3.69$$

3.3.2.5. Valor de resistencia RT

Sabemos que la potencia está definida como

$$P_R = I_{RT}^2 * RT$$

Despejando la resistencia tenemos

$$RT = \frac{P_R}{I_{RT}^2} \quad 3.70$$

Reemplazando 3.42 y 3.38 en 3.43 tenemos

$$RT = \frac{1666.67}{7.59^2}$$

$$RT = 28.88 \Omega \quad 3.71$$

3.3.2.6. Disposición de la resistencia metálica

La resistencia de alambre se enrollará en espiral sobre tubos cerámicos como se muestra en la figura 3.14. Esta disposición permite una radiación térmica bastante libre de las resistencia lo que, para la misma carga específica, supone un menor gradiente de temperatura entre resistencia y horno.

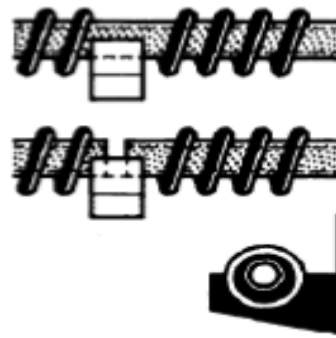


Figura 3.14 alambre en espiral sobre tubos

3.3.2.7. Resistencias eléctricas a 20 °C

$$RT_{20} = \rho * \frac{4L}{\pi d^2} \quad 3.72$$

donde,

ρ Es la resistividad en cm.

$\rho = 112 \mu\Omega\text{cm}$ anexo 7 características de alambre nicrom

3.3.2.8. Resistencia eléctrica a la temperatura 650 °C

$$RT = C_t * R_{20} \quad 3.73$$

donde,

C_t = Es el coeficiente de resistividad para la temperatura de 650°C

$C_t = 1.023$ (interpolando) anexo 7 características de alambre nicrom

3.3.2.9. Superficie radiante de las resistencias

Para un alambre de diámetro d

$$A_C = \pi * d * L \quad 3.74$$

Es un dato fundamental en las resistencias que, para unas disposiciones de las mismas, determina la diferencia de temperatura entre las resistencias y la carga a calentar en el interior del horno, en la figura 3.15, la carga específica en función de la temperatura del horno para las aleaciones Ni-Cr (20 – 80) que son las más utilizadas .

Se deduce que

$$P = A_c * p \quad w \quad 3.75$$

Dónde:

ρ = Carga específica en W/cm^2

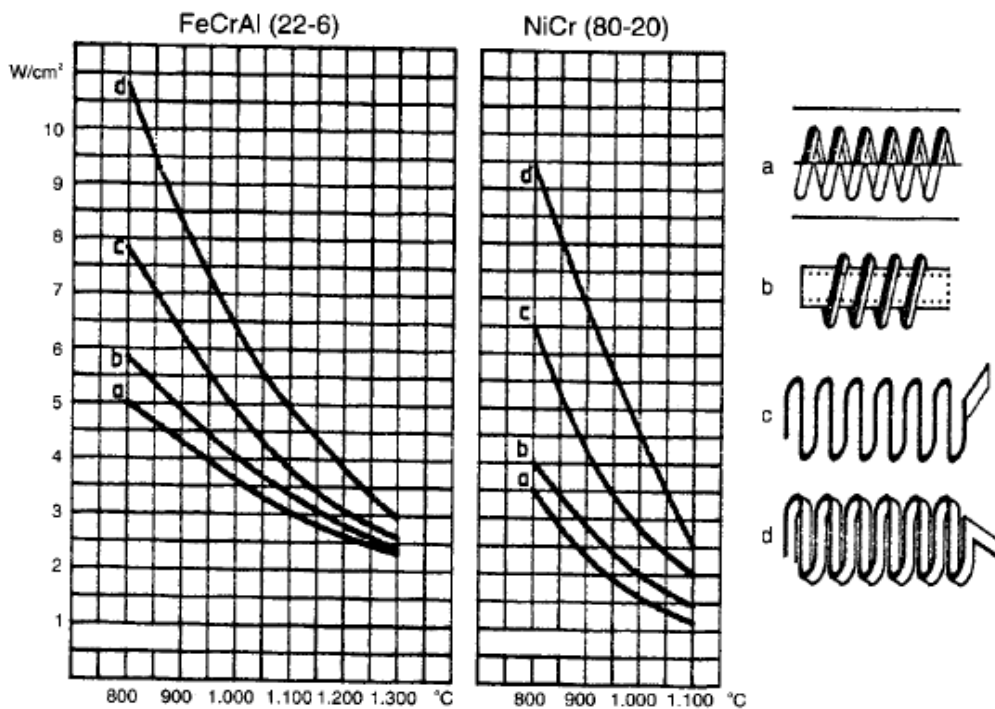


Figura 3.15 carga específica de resistencias según su disposición

Según la disposición de la resistencia, de acuerdo a la gráfica, para un alambre enrollado en espiral sobre tubos cerámicos y a una temperatura de $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ (interpolando) tenemos $p=5.8\text{ }W/cm^2$

$$\text{Si : } P = I^2 * R = \frac{V^2}{R} \quad 3.76$$

Con las ecuaciones anteriores, se puede obtener la ecuación que permite calcular el diámetro de la resistencia.

Reemplazando 3.45 y 3.46 en 3.49

$$P = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot V^2}{4 \cdot L \cdot C_T \cdot \rho} \quad 3.77$$

Reemplazando 3.47 en 3.48

$$P = \pi \cdot d \cdot L \cdot p$$

Despejando la longitud tenemos

$$L = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot p} \quad 3.78$$

Reemplazando 3.51 en 3.57

$$P = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot V^2}{4 \cdot L \cdot C_T \cdot \rho} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot V^2}{4 \cdot C_T \cdot \rho \cdot \frac{P}{\pi \cdot p \cdot d}} = \frac{p \cdot d^3 \cdot \pi^2 \cdot V^2}{4 \cdot C_T \cdot \rho \cdot P} \quad 3.79$$

Despejando el diámetro d tenemos

$$d^3 = \frac{4 \cdot C_T \cdot \rho \cdot P^2}{p \cdot \pi^2 \cdot V^2} \quad 3.80$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{4(1.023) \cdot (0.000112 \text{ cm}\Omega) \cdot (1666.67 \text{ w})^2}{\left(5.8 \frac{\text{w}}{\text{cm}^2}\right) \cdot \pi^2 \cdot (219.4 \text{ V})^2}}$$

$$d = 0.077 \text{ cm}$$

$$d = 0.77 \text{ mm} \quad 3.81$$

En las tablas 80Ni-20Cr (anexo 7) seleccionamos una resistencia de d=0.8mm cuya resistencia por unidad de longitud es 2.168 Ω/m

3.3.2.10. Longitud de la resistencia

$$L_R = \frac{R_T}{\frac{\Omega}{m}} \quad 3.81$$

Reemplazando 3.71 en 3.81 tenemos

$$L_R = \frac{28.88 \Omega}{2.168 \frac{\Omega}{m}}$$

$$L_R = 13.3 \text{ m} \quad 3.82$$

3.3.2.11. Diámetro de la espiral

Se considera que para hornos con temperaturas menores a 1000 °C, la relación

D/d está dentro de los rangos 12-14.

$$\frac{D}{d} = 12$$

donde,

D= Diámetro externo del tubo cerámico

d= Diámetro del alambre

$$D = d * 12 \quad 3.83$$

Reemplazando 3.71 en 3.82 tenemos

$$D = 0.77\text{mm} * 12$$

$$D = 9.24\text{mm} \quad 3.84$$

Este diámetro de la espiral nos indica que diámetro debo de seleccionar para los tubos refractarios; de tablas en el anexo 8 seleccionamos

$$D=9.53 \text{ mm} \quad 3.85$$

3.3.2.12. Número de espiras

El número de espira se calcula con la siguiente ecuación

$$N = \frac{L_R}{\pi*(D-d)} \quad 3.86$$

Reemplazando 3.82, 3.85 y 3.81 en 3.86

$$N = \frac{1330 \text{ cm}}{\pi * (0.953\text{cm} - 0.077\text{cm})}$$

$$N = 458.67$$

3.87

3.3.2.13. Paso de las espiras

Tomando en cuenta que se tiene la longitud en donde se dispondrá la resistencia y el número de vueltas que tendrá la espira, entonces se tiene la siguiente expresión

$$S = \frac{\text{Ancho del techo}}{N} \quad 3.88$$

Reemplazando 3.87 en 3.88

$$S = \frac{600}{458.67}$$

$$S = 1.30 \text{ mm}$$

- Como se aprecia en la figura 3.15 tenemos un resistencia de niquel cromo la que mide 13.3 metros la cual al ser enrollada se ajusta al espacio de 60 cm que es el ancho del horno. La resistencia tiene un paso de 1.3mm y un diámetro de 9.53 m que se ajusta al diámetro del tubo de alumina que la soportará.

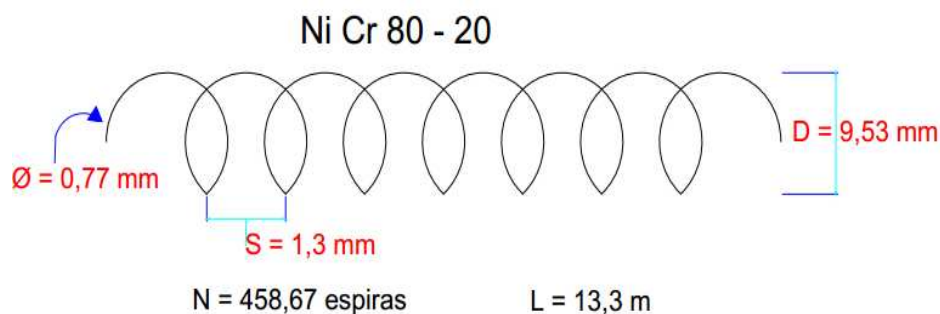


Figura 3.16 dimensiones de la resistencia

3.3.3. Cálculo de calibre del conductor para alimentar el horno

Para el cálculo del conductor se ha establecido dos métodos, el primero es por capacidad de corriente es decir la capacidad de energía que debe soportar el conductor y el segundo método es de caída de tensión en el cual se calcula la caída de tensión en función de la longitud del conductor.

3.3.3.1. Por capacidad de corriente

$$I_{\text{nominal}} = \frac{MD}{C \cdot V \cdot \cos\phi} \quad 3.89$$

donde,

MD= Máxima demanda de potencia

C= Constante del sistema (monofásico=1, trifásico= $\sqrt{3}$)

V= Tensión en voltios

Cos ϕ = factor de potencia (0.9 en domicilios, 0.8 en industria)

Idiseño = Corriente de diseño

Reemplazando 3.61 en 3.89

$$I_{\text{nominal}} = \frac{30000w}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.8}$$

$$I_{\text{nominal}} = 56.97A \quad 3.90$$

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 \cdot I_{\text{nominal}} \quad 3.91$$

Reemplazando 3.90 en 3.91

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 \cdot 56.97$$

$$I_{\text{diseño}} = 71.21 A \quad 3.92$$

Se secciona un conductor THW calibre 16 mm²; anexo 9

THW: Aislamiento de PVC, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceites y al calor (hasta 75°C).

3.3.3.2. Por caída de tensión

$$\Delta V = k * \rho * I_{\text{diseño}} * \left(\frac{L}{A}\right) \quad 3.93$$

$$\Delta V_{\text{max}} = 2.5\% * V$$

$$\Delta V \leq \Delta V_{\text{max}}$$

Donde:

$I_{\text{diseño}}$ = Corriente de diseño

$K = 2$ si el sistema es monofásico

$K = \sqrt{3}$ si el sistema es trifásico

ρ = Resistividad del material conductor ($Cu = 1/56$)

L = Distancia entre la fuente y la carga (asumimos 10m)

A = Sección o calibre del conductor seleccionado (mm)

V = Tensión nominal en voltios

ΔV_{max} = Caída de tensión máxima permitida

Reemplazando 3.92 en 3.93

$$\Delta V = \sqrt{3} * \left(\frac{1}{56}\right) * 71.21 * \left(\frac{10}{16}\right)$$

$$\Delta V = 0.2 \text{ V}$$

$$\Delta V_{\text{max}} = 2.5\% * 380$$

$$\Delta V_{\text{max}} = 9.5 \text{ v} \quad 0.2 \leq 9.5 \text{ ok}$$

Selección: se secciona un conductor THW calibre 16mm²

THW: Aislamiento de PVC, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceites y al calor (hasta 75°C).

3.3.4. Selección de barras para la distribución de la corriente

Del anexo 10 barras de aluminio seleccionamos 04 barras de aluminio desnudas de 12mm de ancho x 2mm de espesor y capacidad de corriente 84A para las líneas R, S, T y N

3.3.4.1. Selección de accesorios para la instalación de las barras

Del anexo 10 seleccionamos Soportes Aislados soportes para aisladores de poliamida con rango de temperaturas de trabajo entre -25°C y 120°C :

06100 dos unidades con dos pernos M4 x 6

06103 dos unidades con dos pernos M6 x 8

06105 dos unidades con dos pernos M6 x 8

6109 unidades con dos pernos M6 x 8

3.4. CÁLCULO MECÁNICO DEL SISTEMA MOTRIZ

Los datos preliminares se obtienen de un horno industrial para vidrio del fabricante Tamglass (http://www.youtube.com/watch?v=UxFVaU4_Gh8). Como se observa en la figura 3.16 para el horno del tipo túnel continuo se utiliza un sistema de traslación mediante polines giratorios accionados mediante una transmisión e impulsada por un motor eléctrico

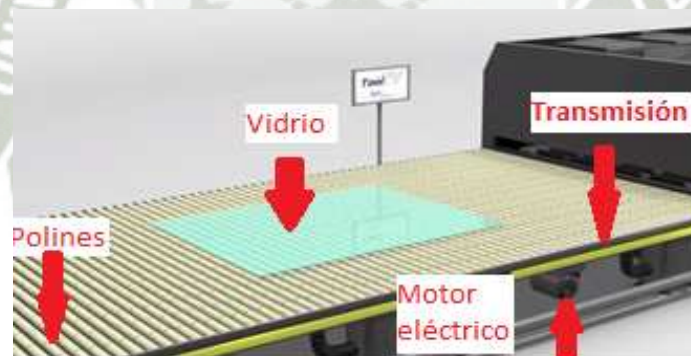


Figura 3.17 sistema motriz de traslación hacia el horno mediante polines y motor eléctrico

El vidrio debe realizar el movimiento de traslación en ambos sentidos dentro del horno como se muestra en la figura 3.17

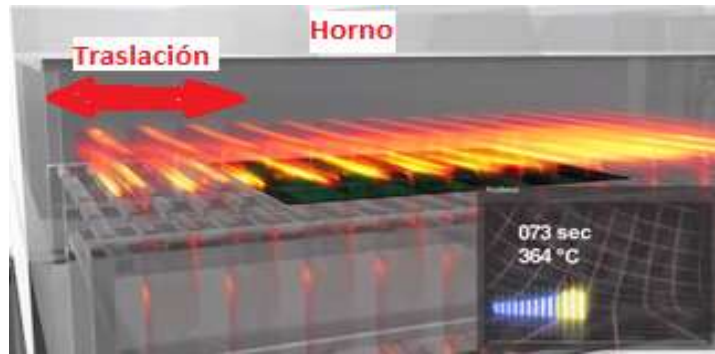


Figura 3.18 traslación del vidrio en el interior del horno

Los parámetros de funcionamiento son los siguientes:

- Velocidad de avance: 20 mm/s = 0.02 m/s
- Temperatura de calentamiento: 18°C a 650°C
- Dimensiones de vidrio: 1.5m x 0.5 m
- Espesor de vidrio: 3 mm = 0.003 m.

3.4.1. Hallando peso de piezas mecánicas

Los pesos que ingresan en los cálculos son obtenidos de la tabla 3.4; peso del eje del rodillo, poleas y peso del vidrio; véase Plano 03. Realizando la suma de los diferentes pesos y aplicando las ecuaciones 3.94, 3.95 y 3.96 obtenemos 117.3 N (3.98)

$$V = \pi d^2 l / 4 \quad 3.94$$

donde

V: Volumen de pieza

d: Diámetro de pieza

l: Longitud de pieza

$$m = V \cdot \rho$$

3.95

donde

m: Masa de pieza (Kg)

V: Volumen de Pieza (m³)

ρ : Densidad de Acero A36 7850 (Kg/m³)

Con el resultado de la masa se multiplica por la gravedad para obtener el peso de la pieza.

$$F = m \cdot g$$

3.96

Donde

F: Peso de Carga (N)

g: Gravedad 9.81 m/s²

El eje a mover cuenta con las siguientes piezas mecánicas, descritos en la tabla 3.4

Item	Descripción	Cant.	Masa (grs)	Volumen (mm ³)	Peso (N)	Cant.	Peso (N)
1	Rodillo	1	911.49	116113.26	8.94	20	178.83
2	Eje de Tornillo	2	86.48	11016.94	1.70	40	67.87
3	Eje de Rodaje	2	101.73	12959.07	2.00	40	79.84
4	Bocina	2	6.49	826.14	0.13	40	5.09
5	Tope de Polea	2	16.63	2118.22	0.33	40	13.05
6	Eje Soporte	2	413.49	52674.13	8.11	40	324.51
7	Polea de Horno	2	34.67	4417.01	0.68	20	13.60
8	Tuerca	2	11.05	1407.43	0.22	20	4.34
9	Bocina de Horno	2	77.04	9814.34	1.51	40	60.46
10	Plancha de Vidrio	1	5850.00	2250000.00	57.39	1	57.39
11	PL Acero A 36	1	28284.96	-	277.48	1	277.48
12	Lana de Vidrio	1	26088.33	-	255.93	1	255.93
13	Fibra Cerámica	1	34781.82	-	341.21	1	341.21
14	PL Acero Inox 304	1	5414.54	-	53.12	1	53.12
15	Angulo de 1 1/8 pul x 0.992m	1	2437.81	2695541.20	23.91	4	95.66
16	Angulo de 1 1/8 pul x 2.0m	1	4914.95	1202629.20	48.22	2	96.43
17	Perfil C 76.2*35.81 L: 2000 mm	1	12014.19	1530469.81	117.86	2	235.72
18	Poleas conjunto y eje	1	3683.18	1847914.13	36.13	10	361.32
	Total				1008.73	323	2521.84

Tabla 3.4 cuadro de pesos de partes de horno

3.4.2. Cálculo de parámetros del motor de accionamiento

3.4.2.1. Hallando el momento giro par

$$M = F * r \quad 3.99$$

donde

M: Momento giro par (N.m)

F: Peso de carga (N)

r: Radio de rodillo (m)

Reemplazando en 3.98 tenemos

$$M = 117.3 \text{ N} * 0.0127 \text{ m}$$

$$M = 1.49 \text{ N.m} \quad 3.100$$

3.4.2.2. Hallando velocidad angular

$$w = V_t / r \quad 3.101$$

donde

Vt: Velocidad Tangencial (m/s)

Reemplazando valores en 3.99 tenemos

$$w = 0.02 / 0.0127$$

$$w = 1.5748 \text{ rad/seg} \quad 3.102$$

3.4.2.3. Hallando las RPM del motor

$$\text{RPM} = w * 2 \pi \quad 3.103$$

Reemplazando 3.102 en 3.103tenemos

$$\text{RPM} = 1.5748 * 2 \pi$$

$$\text{RPM} = 9.89 = 10 \quad 3.104$$

3.4.2.4. Hallando la potencia mecánica

$$P = M * w \quad 3.103$$

donde

P: Potencia mecánica (watts)

M: Momento Giro Par (N.m)

w: Velocidad Angular (rad/s)

Reemplazando en 3.103 tenemos

$$P = 1.49 * 1.5748$$

$$P = 2.35 \text{ watts} \quad 3.104$$

Esta potencia se necesita para mover un solo rodillo, la cantidad a mover son 20 rodillos, a continuación se realiza la multiplicación por la cantidad total de los rodillos.

$$P_t = P_u * 20 \quad 3.105$$

Reemplazando 3.104 en 3.105 tenemos

$$P_t = 2.35 * 20$$

$$P_t = 46.91 \text{ watts}$$

$$P_t = 0.063 \text{ HP}$$

$$P_t = 1/16 \text{ HP} \quad 3.106$$

3.4.3. Cálculo y selección de los elementos de la transmisión

3.4.3.1. Cálculo de fajas entre poleas

$$W = \frac{v}{r} \quad 3.107$$

dónde:

Velocidad de eje de trabajo: 0.02 m/s

Velocidad del árbol del motor: 1500 rpm

Diámetro del eje del rodillo: 0.0127 m

Reemplazando en 3.107 tenemos

$$W = \frac{0.02}{0.0127}$$

$$W = 1.575 \text{ rad/s} \quad 3.108$$

Realizando conversión de rad/s a rpm

$$W = \frac{1.575 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 1/2\pi}{1/60\text{s}}$$

$$W = 15.05 \text{ rpm} \quad 3.109$$

3.4.3.2. Selección del motoreductor

Seleccionaremos el motoreductor para hallar las dimensiones de las poleas ubicado en la página de Internet

http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-518788283-motorreductor-trifasico-18-hp-150050-rpm-_JM ; se selecciona el motor reductor con las siguientes características; anexo 11

- Marca: ALTIUM
- Reducción: 30:1
- RPM: 1500 rpm

Con esta selección de motoreductor obtendremos la reducción de 1500:30 es igual a 50 rpm.

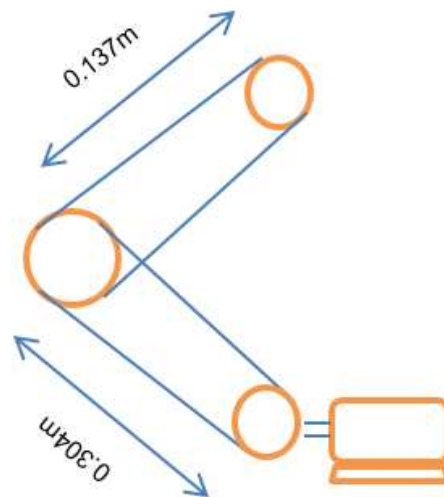


Figura 3.19 dibujo de distribución de poleas

3.4.3.3. Hallando longitud de correa

Formula obtenida de Diseño de Elemento de Maquinas I – F. Alva D.

$$Lp = \pi \frac{(D1-D2)}{2} + \frac{(D2-D1)}{4a} + 2a \quad 3.110$$

3.4.3.4. Selección de diámetro de polea motriz.

$$R = \frac{D}{d} = \frac{N}{n} \quad 3.111$$

donde

R: relación de transmisión.

D: Diámetro de polea nro1

d: Diámetro de polea nro2

N: Rpm de polea nro1

n: Rpm de polea número 2

$$R = \frac{50}{15.05}$$

$$R = 3.32 \quad 3.112$$

De la ecuación 3.111

$$D = R * d$$

$$D = 0.166 \text{ m}$$

Diámetro a usar para polea conducida es de 0.17m 3.113

Aplicando ecuación 02 para distancia de polea motriz a polea conducida.

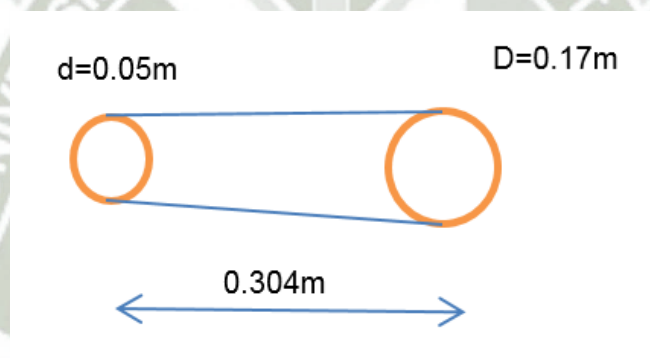


Figura 3.17 dimensiones de polea motriz hacia polea principal

Reemplazando en 3.10 tenemos

$$Lp = \pi \frac{(0.05 - 0.17)}{2} + \frac{(0.17 - 0.05)}{4 * 0.304} + 2 * 0.304$$

$$Lp = 1.05\text{m} \quad 3.114$$

Aplicando Ecuación 3.110 para distancia de polea conducida a polea de rodillo.

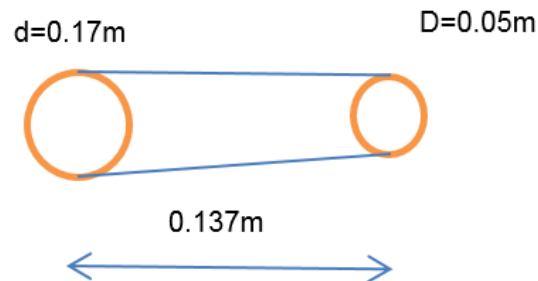


Figura 3.21 dimensiones de polea principal hacia polea de rodillos

$$L_p = \pi \frac{(0.17 - 0.05)}{2} + \frac{(0.05 - 0.17)}{4 * 0.137} + 2 * 0.137$$

$$L_p = 0.40m$$

Según tablas ingresamos con las revoluciones y potencia a usar:

Faja en V tipo B que se encuentra entre >100 rpm y >2HP. (Ver Anexo 11)

3.4.3.5. Selección de chavetas para poleas

Se selecciona chaveta para Diámetro de Polea 0.05m y 0.17m las chavetas según tabla es de según los diámetros ancho 4 mm y altura 6 mm. (Ver Anexo 12)

3.4.3.6. Selección de Rodamientos

Para iniciar los cálculos se suma las fuerzas que inciden en el rodillo, obtenido de la tabla 3.4 $F_n = 22.10$ N peso de conjunto de rodillos y $F_r = 57.39$

peso de plancha de vidrio, los criterios de solución son utilizados de libro Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley.

Datos de diseño

Horas de operación: 100 000 hrs

Confiabilidad: 92%

Horas de funcionamiento

Rodamiento de bolas como alternativa para este tipo de trabajo

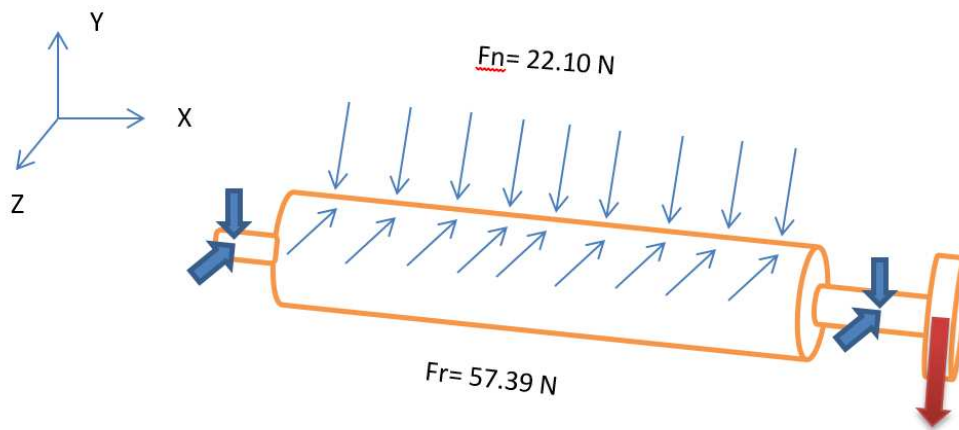


Figura 3.22 planteamiento de distribución de fuerzas

Según Cuadro 01 sumando los pesos

F_n : Sumatoria de pesos de rodillos y accesorios.

$$F_n = 22.10 \text{ N/m} \times 0.99\text{m} = 21.88 \text{ N}$$

F_r : Fuerza necesaria para mover el vidrio-

$$F_r = 57.39 \text{ N/m} \times 0.5\text{m} = 28.695 \text{ N}$$

$$F_n = 21.88 \text{ N} \quad \text{y} \quad F_r = 28.695 \text{ N}$$

3.4.3.6.1. Desarrollando el diagrama de cuerpo libre

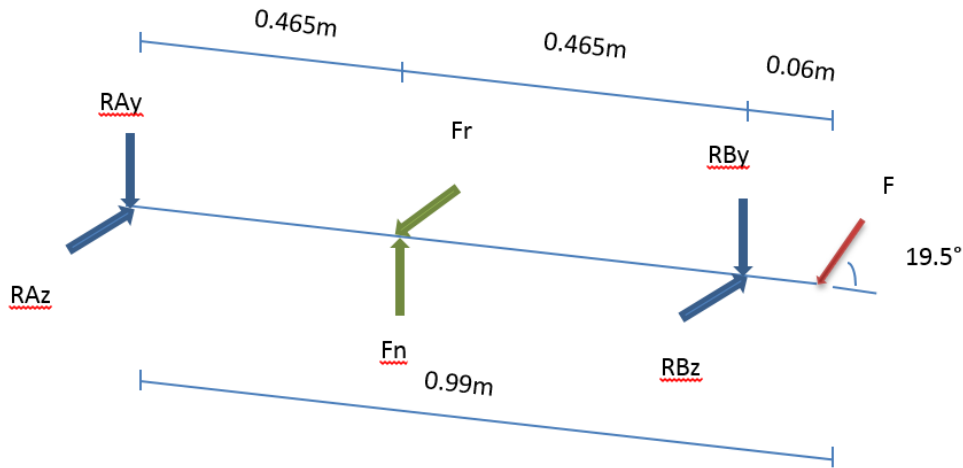


Figura 3.23 diagrama de distribución de fuerzas.

Análisis de Fuerzas

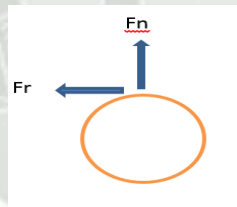


Figura 3.24 fuerzas aplicadas en rodillo de 1 pulg de diámetro

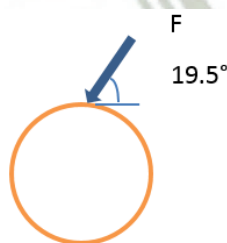


Figura 3.25 fuerzas aplicadas en polea de 0.05 m de diámetro

Hallando ΣT_o según el grafico superior

$$-Fr * 0.127 + F\cos 19.5^\circ * 0.025 = 0$$

$$F = 77.28 \text{ N}$$

Realizando análisis en (x,y) según grafico referente al punto A

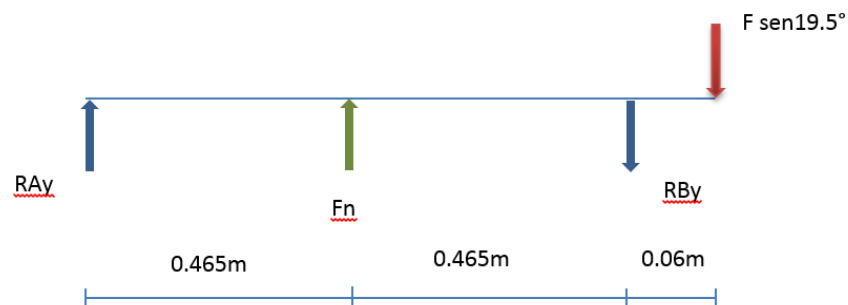


Figura 3.26 fuerzas aplicadas en x, y

$$\curvearrowleft \Sigma M_A = 0$$

$$F_n * 0.465 - R_{By} * 0.93 - F_{\text{sen}19.5^\circ} * 0.99 = 0$$

$$\text{Despejando } R_{By} = -16.52 \text{ N}$$

$$\text{Hallando Fuerzas en } \uparrow F_y = 0$$

$$R_{Ay} + F_n - R_{By} - F_{\text{sen}19.5^\circ} = 0$$

$$\text{Despejando } R_{Ay} = 12.06 \text{ N}$$

3.4.3.6.2. Realizando análisis en (x,z) según grafico referente al punto A

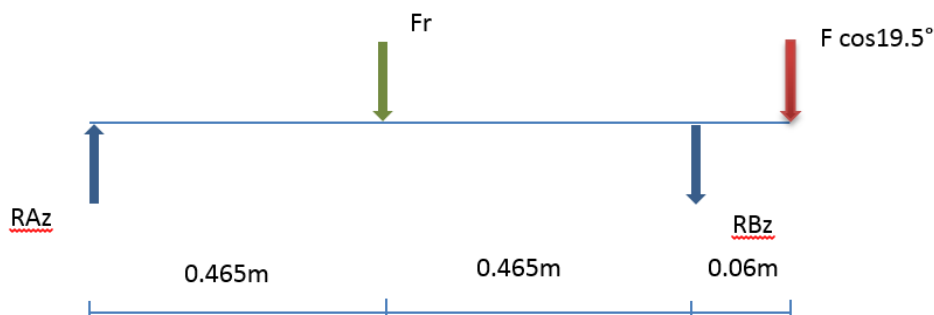


Figura 3.27 fuerzas aplicadas en x, z

$$\sum M_A = 0$$

3.115

$$-Fr * 0.465 + RBz * 0.93 - F \sin 19.5^\circ * 0.99 = 0$$

Despejando $RBz = 91.89N$

Hallando Fuerzas en $\uparrow Fz = 0$

3.116

$$RAz - Fr + RBz - F \cos 19.5^\circ = 0$$

Despejando $RAz = 9.65N$

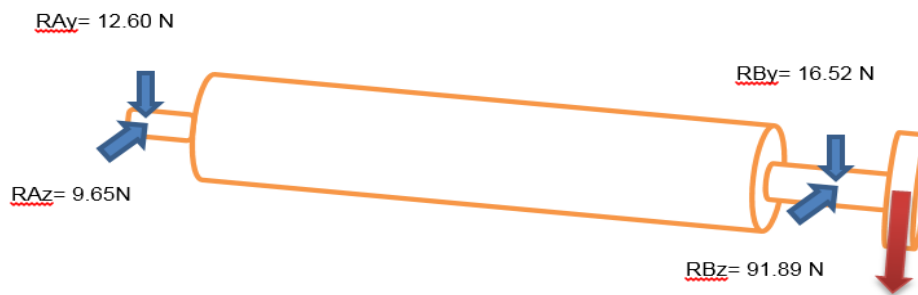


Figura 3.28 valores de fuerzas aplicadas en rodillo y componentes

Hallando reacción en apoyos

$$Ra = \sqrt{RAy^2 + RAz^2} \quad 3.117$$

$$Ra = 15.87 \text{ N}$$

$$Rb = \sqrt{RBy^2 + RBz^2} \quad 3.118$$

$$Rb = 93.36 \text{ N}$$

Se selecciona la reacción en Rb por ser el más alto

Hallando capacidad de carga

$$C = Fd \left(\frac{Xo}{0.02 + 4.434 \left(\frac{ln}{R} \right)} \right)^{1/a} \quad 3.119$$

De los datos de diseño

$$Fd = Qf * Rb \quad 3.120$$

donde

Qf: Factor de rodamiento de bolas

Rb: Reacción en apoyo RB

$$Fd = 1.2 * 93.36$$

$$Fd = 112.03 \text{ N}$$

$$Xo = \eta_o * Lo * 60 / (1 * 10 \exp 6)$$

$$Xo = 31.605$$

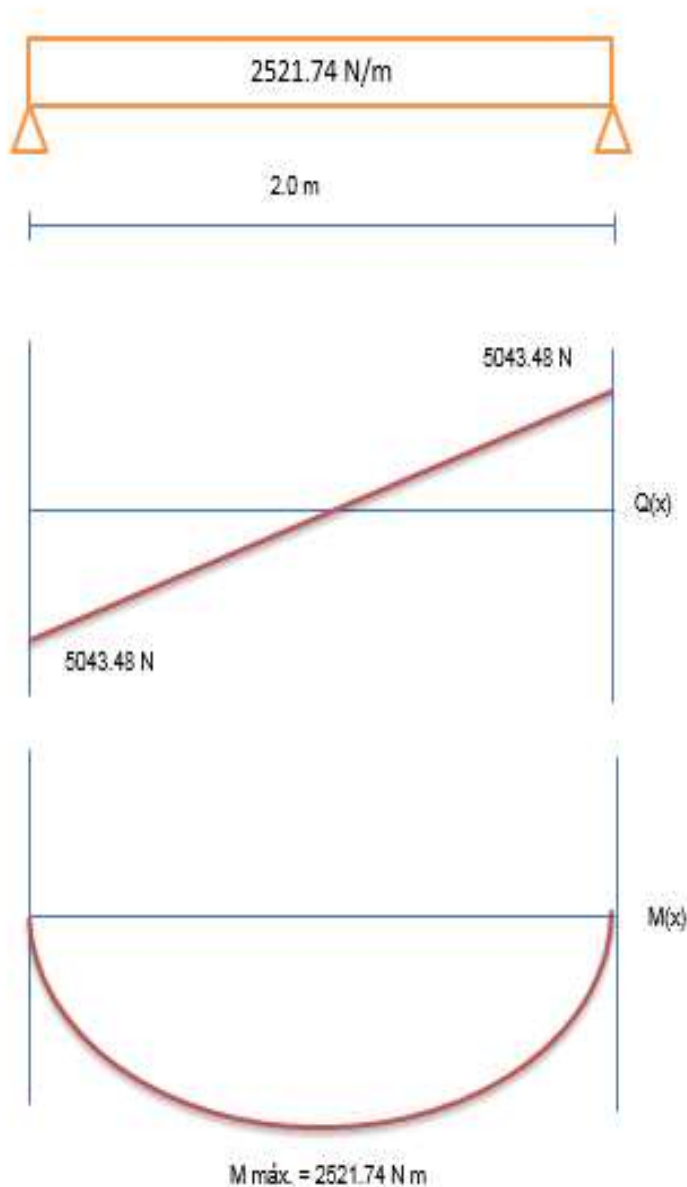
$$\text{Confiabilidad del diseño } C: 92\% = \sqrt{92} = 0.96$$

Reemplazando en Ecuación 4.16

C = 366.56 N con este dato se ingresa a tablas y se selecciona. (Ver Anexo 13)

3.5. CÁLCULO DE ESTRUCTURA SOPORTE

Peso de estructura según Cuadro 01 es de 2521.74 N



Hallando fuerza puntual

$$F = q \cdot L = 2521.74 \cdot 2$$

$$q = 5043.48 \text{ N}$$

Q(x) Diagrama de Esfuerzos.

$$Q = q \cdot L / 2$$

$$Q = 5043.48 \text{ N}$$

M(x)

$$M = q \cdot L^2 / 8$$

$$M = 2521.74 \text{ N m}$$

Figura 3.29 diagrama de fuerzas y momentos flectores en lado lateral

Peso de estructura es de 2521.74 N

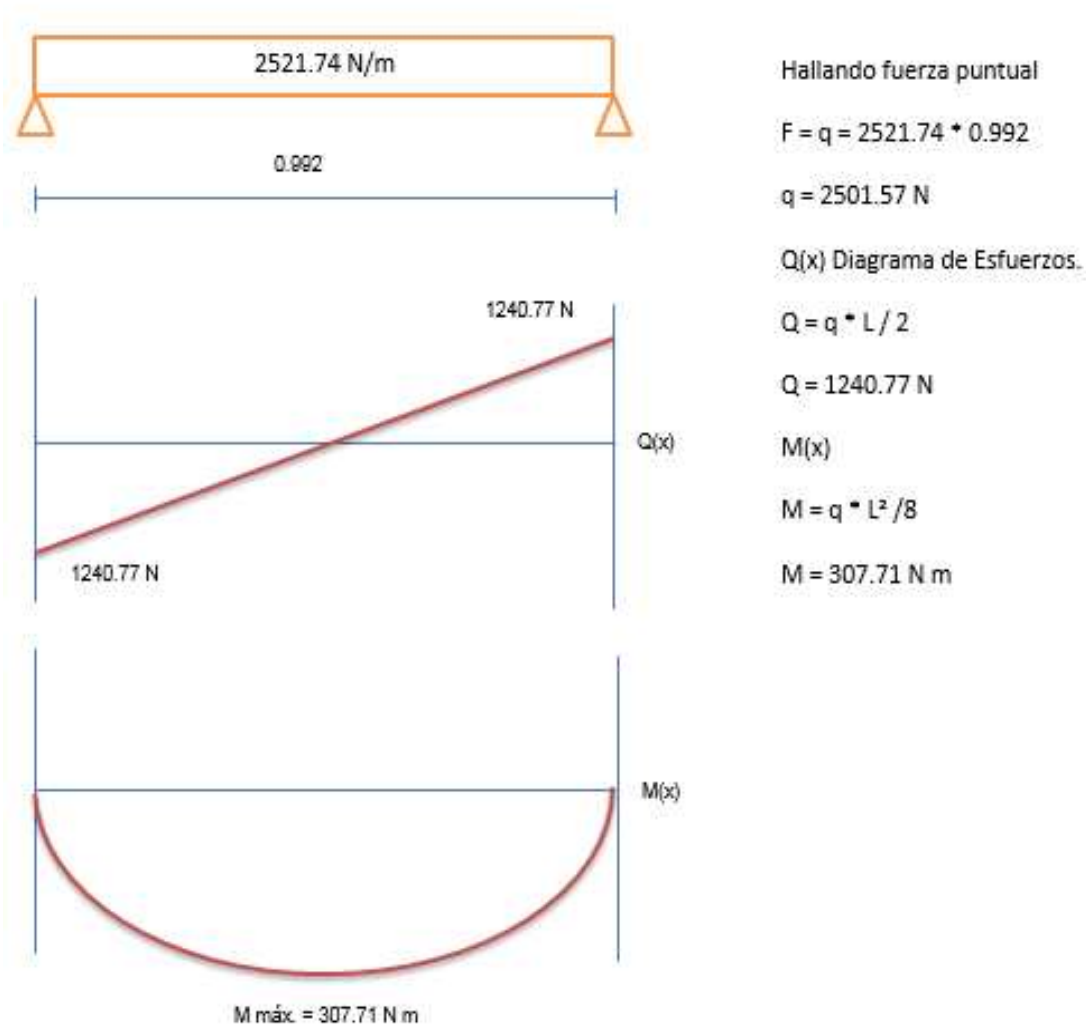


Figura 3.30 diagrama de fuerzas y momentos flectores en lado frontal

3.5.1. Cálculo de Soldadura

Se usa como criterio de solución las formulas obtenidas del libro Diseño de Elemento de Maquinas II, la base estructural del diseño el cálculo de soldadura se regirá a la unión de 02 perfiles perpendiculares de 2x2x1/8, con los datos obtenidos en el cálculo anterior tenemos:

$$M \text{ max: } 2521.84 \text{ Nm} = 143.71 \text{ lb/pulg}$$

Hallamos carga de corte producida por el momento flector

$$f_w = \frac{M \times C}{I_w} \quad 3.121$$

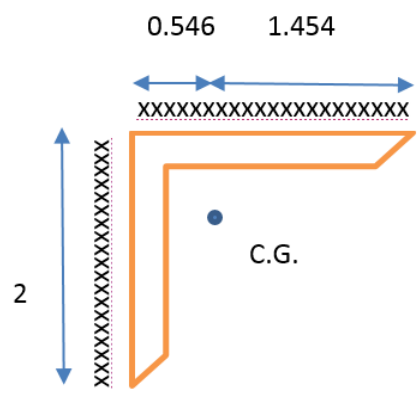
Donde

M: Momento flector actuante

C: Distancia del eje del centro de gravedad al extremo del cordón

I_w: momento de inercia

De Tablas de Perfiles A-6 página 988 (ver anexo 14)



$$f_w = \frac{143.71 \times 1.454}{0.19}$$

$$f_w = 1099.76 \text{ lb/pulg}$$

Figura 3.31 diagrama de soldadura del perfil

Tamaño del cordón de soldadura

$$W = \frac{f_w}{S_w} \quad 3.122$$

donde

S_w: Esfuerzo permisible

Usamos el electrodo E60XX Sw: 9600 PSI (ver anexo 14)

$$W = \frac{1904.84}{9600}$$

$$W = 0.198 \text{ pulg}$$

$$W = 5 \text{ mm}$$

Comprobando con la carga de corte

$$f_w = S_w \times W \quad 3.123$$

$$f_w = 9600 \times 0.198$$

$$f_w = 1900.8 \text{ lb/pulg}$$

Se comprueba que es $1900.8 > 143.71$

3.6. SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

En esta parte el objetivo será seleccionar la instrumentación y elementos de control necesarios para lograr mantener velocidad constante en la faja durante el periodo de proceso, así mismo en ese periodo alcanzar la temperatura máxima ya definida.

Como se muestra en la figura 3.32 en el diagrama de flujo de control el tiempo de proceso y la temperatura máxima serán parámetros que el operador deberá ingresar al sistema de control, el sistema deberá procesar estos datos y enviarlos a controladores de temperatura y velocidad para poder lograr así un proceso controlado. Los parámetros del proceso son los siguientes:

- Potencia Motor de faja: 2HP - 1500rpm.
- Velocidad lineal de la faja: 0.02m/s
- Tiempo calculado para el proceso: 17min
- Corriente max. en resistencias: 46A
- Temperatura max.: 620°C

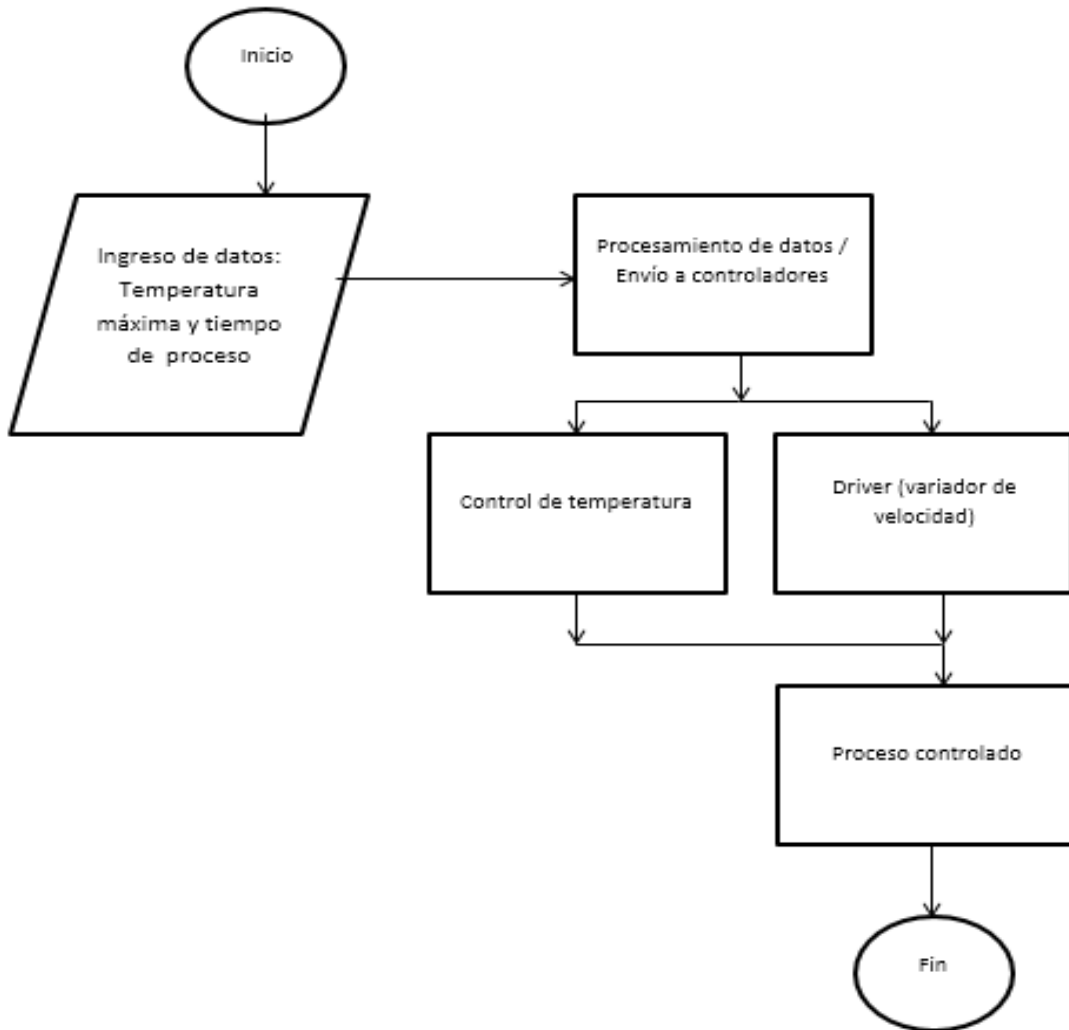


Figura 3.32 diagrama de flujo de control

3.6.1. Elementos Necesarios:

- 01 Controlador de temperatura PID multi-input, salida por relé, opción de control PWM (on-off), protocolo de comunicación.
- 03 PT100 (Sensores de temperatura)
- 01 PLC con protocolo de comunicación.
- 01 HMI
- 01 Variador de velocidad para motor de 2HP, con protocolo de comunicación.
- Cables y conectores profibus.

a) Controlador de temperatura PID

Se requiere como mínimo de tres entradas análogas (3 PT100), salida por relé control PWM. Existen muchas marcas en el mercado siendo una de las más confiables y de mayor prestigio en el mercado YOKOGAWA, se realiza entonces la selección entre los diferentes modelos de esta marca; siendo el equipo mínimo que se ajusta a las necesidades de este proceso es el modelo UT55A como si ilustra en la figura 3.33 (ver anexo 16)



Figura 3.33 controlador PID Yokogawa

b) PT100

Se requiere sensores RTD – PT100 con rango de medición superior a los 620°C, se consulta catálogo de JUMO uno de los mayores fabricantes de instrumentación industrial. El único modelo que cumple con el requerimiento es el RTD – PT100 JUMO modelo 902006 como se muestra en la figura 3.34 (ver anexo 17)



Figura 3.34 PT100 Jumo

c) PLC con protocolo de comunicación

Se opta por seleccionar un PLC Siemens de gama básica con comunicación profibus, mínimo de I/Os digitales como se muestra en la figura 3.35

Siemens S7-1200 Modulos:

PM1207 – Power Module 120-230VAC – 24VDC

CM 1243-5 - Módulo de comunicación Profibus

CPU1211C - ED 6x24 VDC, SD 4x24 VDC, EA 2x10 bits



Figura 3.35 PLC Siemens

d) HMI

Se selecciona una pantalla compatible con el PLC elegido, es deseable una pantalla táctil y a color para mejor visualización, el tamaño de la misma deberá ser mínimo ya que son pocos los datos a ingresar como los que se han de visualizar. La pantalla de menor gama que cumple con estos requerimientos es **Siemens KTP600** Basic color PN Pantalla táctil + 6 teclas de función, pantalla LCD TFT de 5,7", 256 colores como se muestra en la figura 3.36



Figura 3.36 HMI Siemens

e) Variador de Velocidad

Se requiere un variador de velocidad para controlar un motor monofásico de 2HP, es necesario que el variador cuente con comunicación profibus.

Micromaster 420, 6SE6400-5AK00-0EP0 - Tarjeta Profibus accesorio como se muestra en la figura 3.37.



Figura 3.37 Variador de velocidad Micromaster 420

3.6.1.1. Esquema de conexiones y comunicaciones

Como se muestra en la figura 3.38 se ingresa la temperatura y tiempo de trabajo al sistema de control mediante un HMI; este se comunica con el PLC el cual procesa los datos que a su vez mediante una red profibus seteara los parámetros correspondientes en un controlador PID de temperatura y driver. En el caso de temperatura se alimenta de las señales sensadas por los PT100 y

envía la corriente a las resistencias para así llegar a la temperatura ideal en el tiempo indicado, en el caso del driver o variador de frecuencia este envía la señal hacia el motor eléctrico para que en este mismo periodo de tiempo el vidrio se encuentre moviéndose a velocidad constante dentro del túnel.

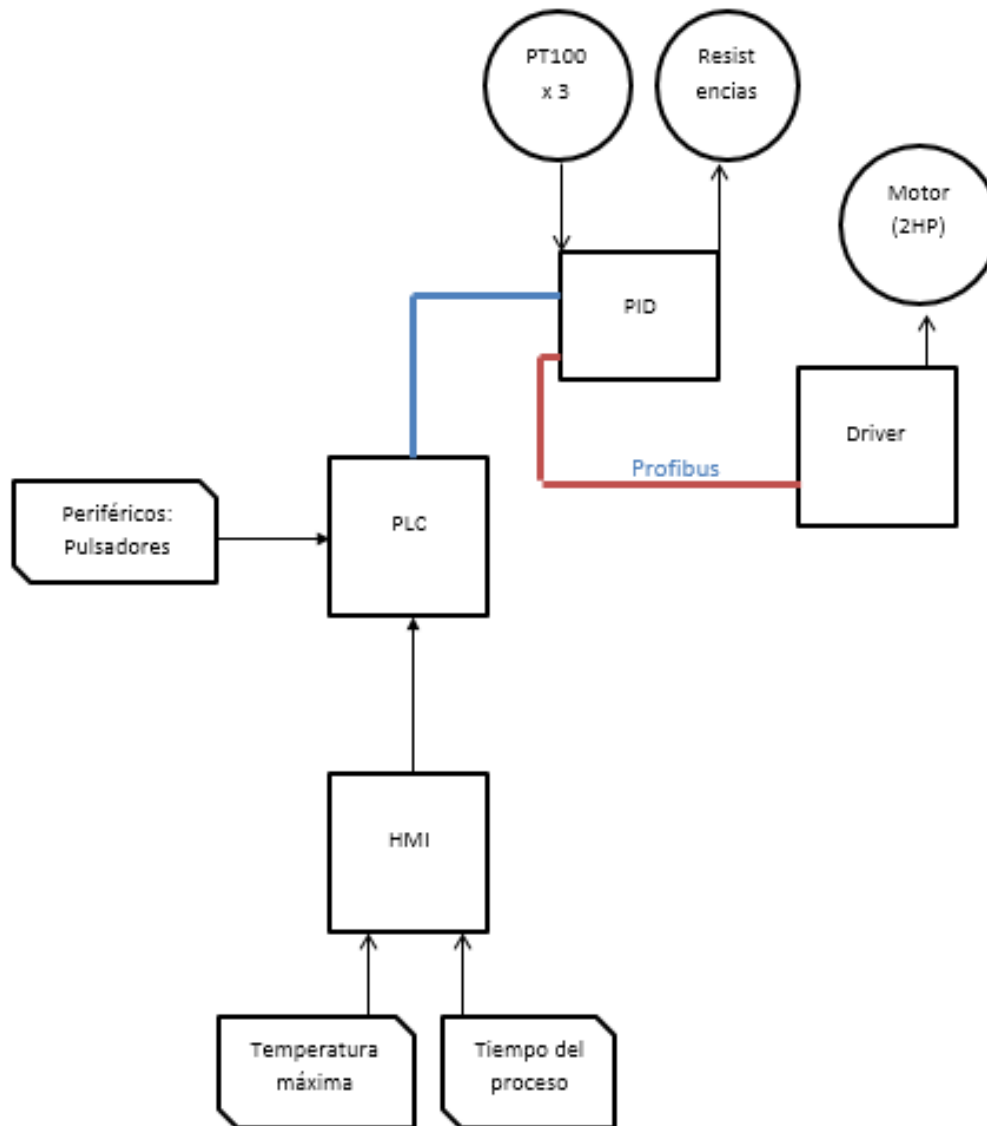


Figura 3.38 esquema de comunicación y conexiones

CAPÍTULO IV

INGENIERÍA DE DETALLE

4.1. DIBUJOS 3D

En esta sección mostraremos como a través del tiempo, de diversos modelos y simulaciones es que se llega al diseño final mediante piezas o maquetas volumétricas a través del proceso de dar forma, dimensiones, materiales, a una serie de componentes que en conjunto constituyen una máquina que cumple unas determinadas funciones o necesidades para las que fue diseñado.

4.1.1. Primer diseño

Se realizó en base a un prototipo usando una plancha de vidrio cuyas medidas son de 300 x 500 mm y se propuso la inyección de aire forzado mediante un solo ducto de aire de ingreso y descarga en 02 compartimientos para la distribución de aire caliente, sistema de transmisión con cadenas como se muestra en la figura 4.1

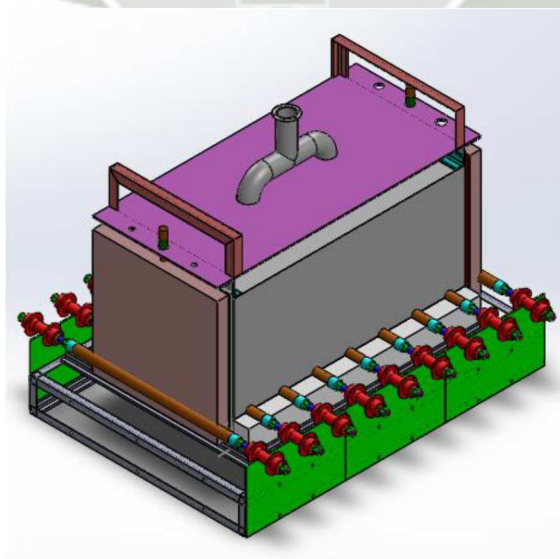


Figura 4.1 primer diseño

4.1.2. Segundo diseño

Se realizó el diseño para una plancha de vidrio 500 x 1500 mm, con un espesor de 3 mm, se usó 3 ventiladores para el ingreso de aire, sistema de transmisión también es de cadena con sprockets como se muestra en la figura 4.2

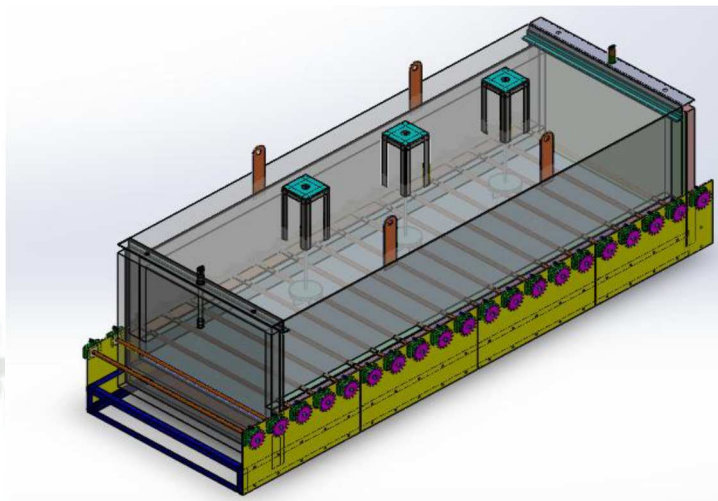


Figura 4.2 segundo diseño

4.1.3. Tercer diseño

La tercera alternativa se realizó cambios en el sistema de transmisión de engranaje de cadena y sprockets a poleas y fajas siendo este de mayor precisión en avance y retroceso como se muestra en la figura 4.3

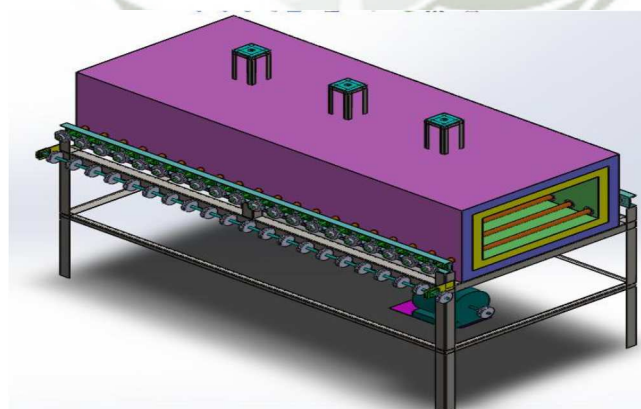


Figura 4.3 tercer diseño

4.1.4. Selección del diseño

Se selecciona la tercera alternativa debido a que ofrece mayor facilidad de transporte hacia adelante y atrás ya que las holguras entre las cadenas y sprockets hacían que el movimiento sea errático y poco prolijo, todas las alternativas comparten las mismas características térmicas, las dos últimas son de escala o dimensiones reales que se ajustan a una futura construcción o ensamble de la planta de fabricación de colectores solares,

4.2. SIMULACIONES POR ELEMENTOS FINITOS

En esta sección analizaremos el objeto o sistema representado por un modelo geoméricamente similar que consta de múltiples regiones discretas simplificadas y conectadas. Con este método lograremos determinar la transferencia de calor entre materiales así como también los esfuerzos y desplazamientos en sistemas mecánicos.

4.2.1. Térmicas

En la figura 4.4 se aprecia la simulación térmica del aislante interior; como se parecía en la parte interna de color rojo tenemos una temperatura de 650 °C, en la parte exterior las esquinas del horno se encuentran más frías que las paredes

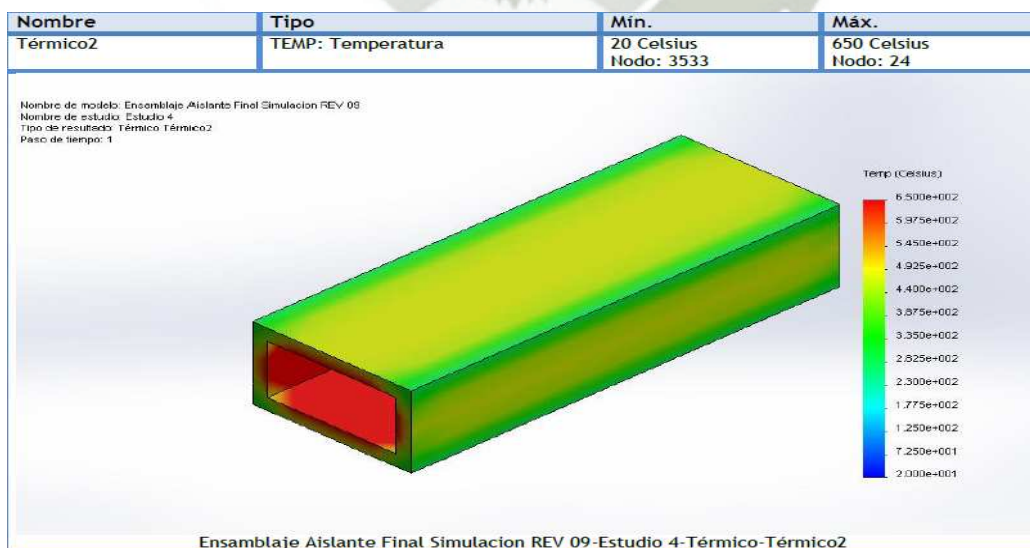


Figura 4.4 simulación de la fibra cerámica

En la figura 4.5 se aprecia que la temperatura externa del horno; color azul es de 25°C la cual cumple con el diseño

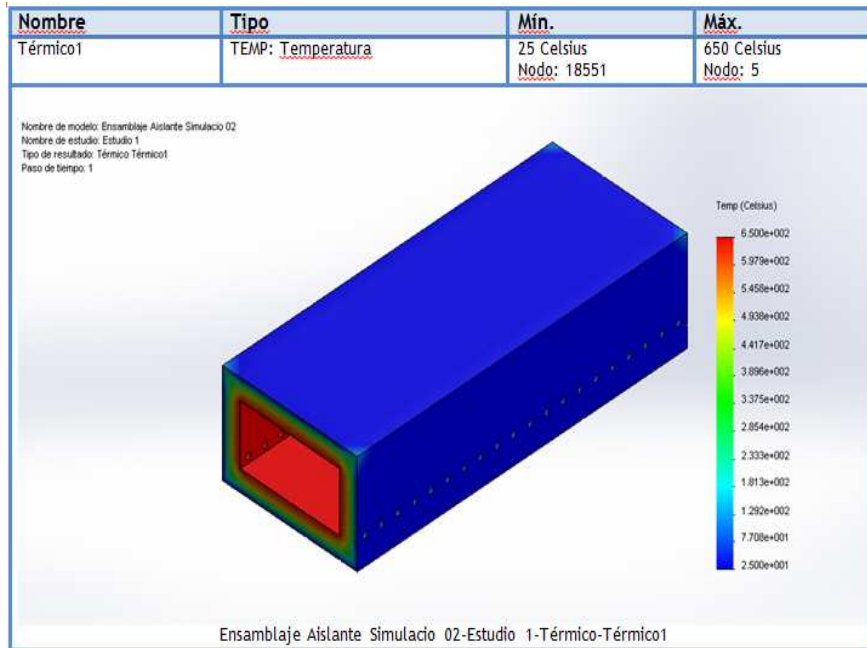


Figura 4.5 simulación de la lana de vidrio

4.2.2. Estructurales

En las figuras 4.6 y 4.7 se aprecian las simulaciones de la estructura soporte.

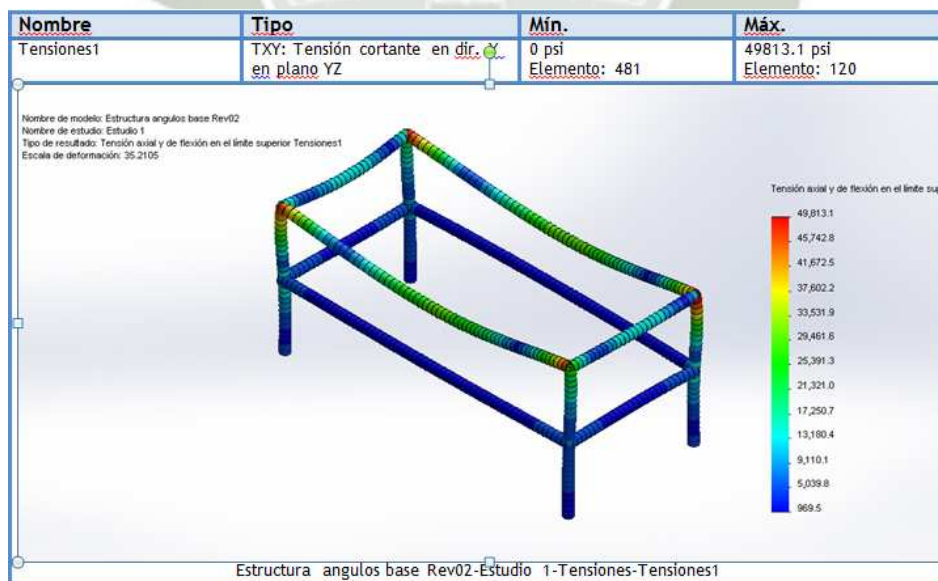


Figura 4.6 estructura sin refuerzos intermedios

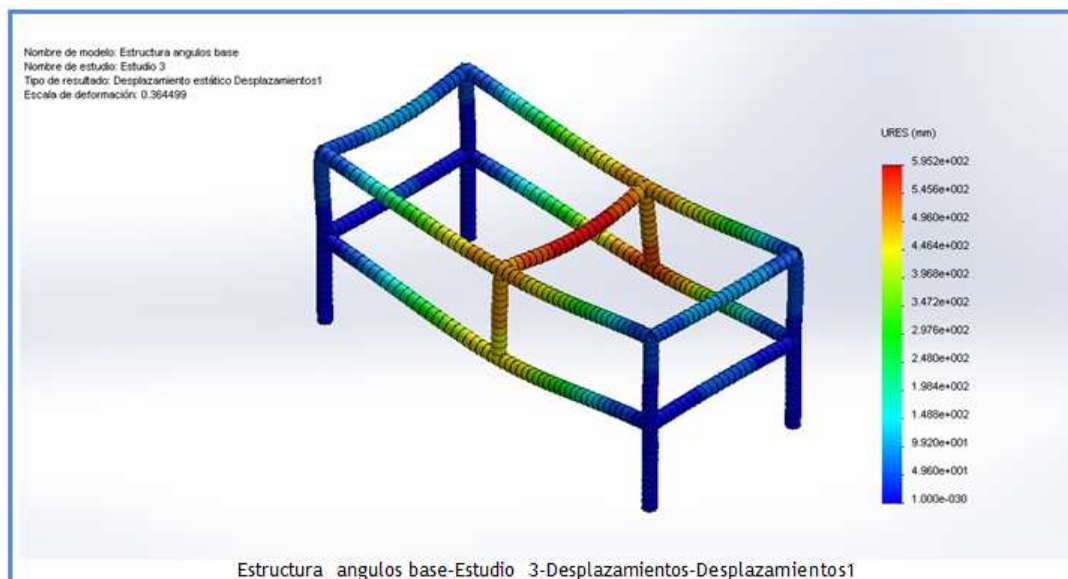


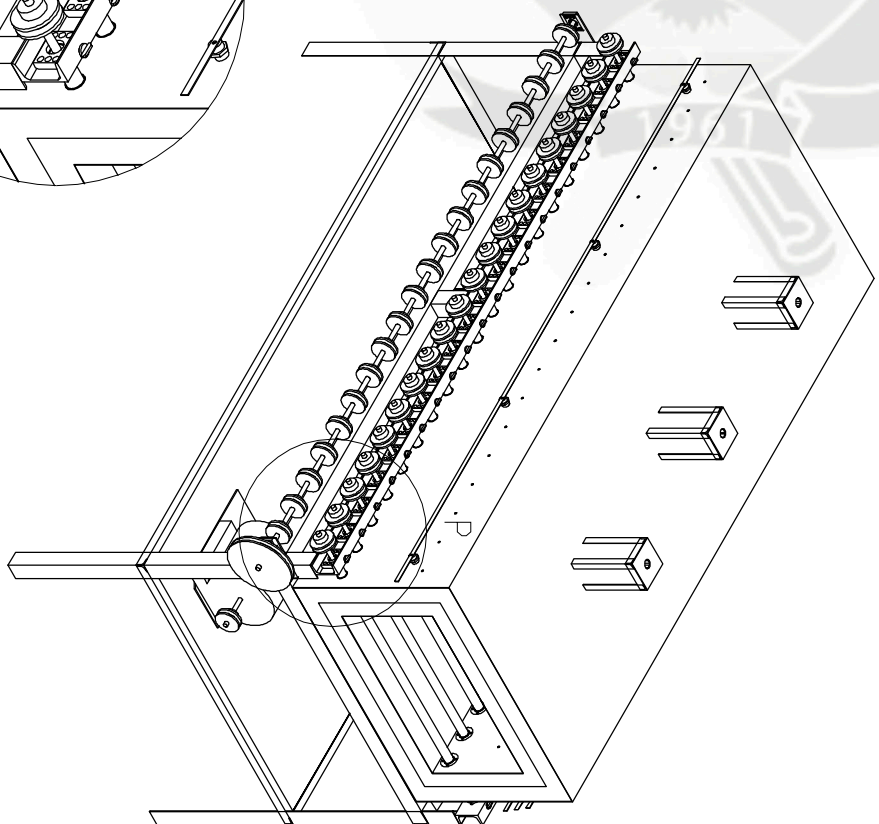
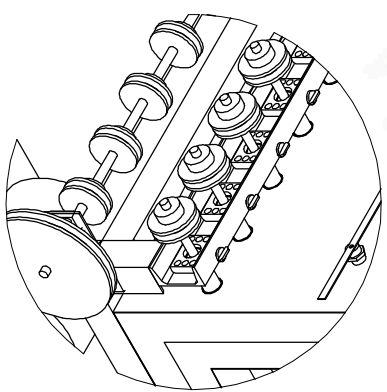
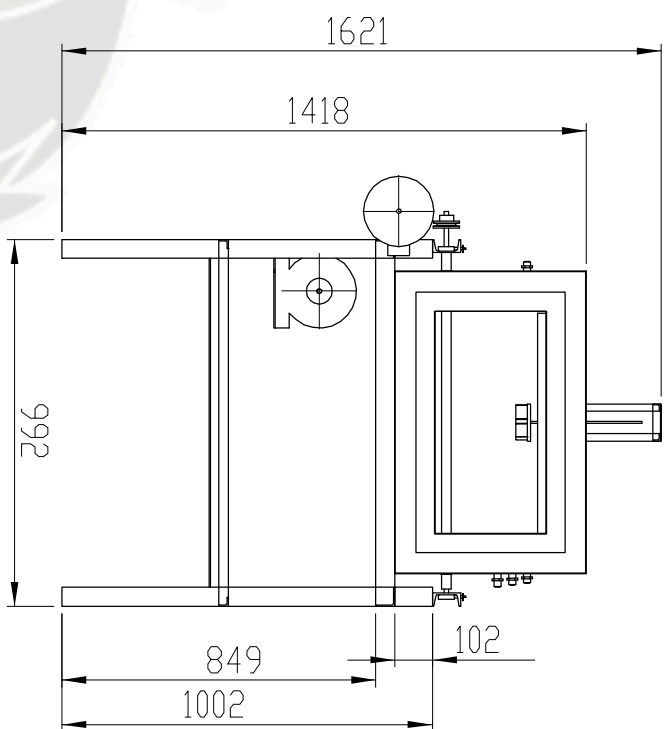
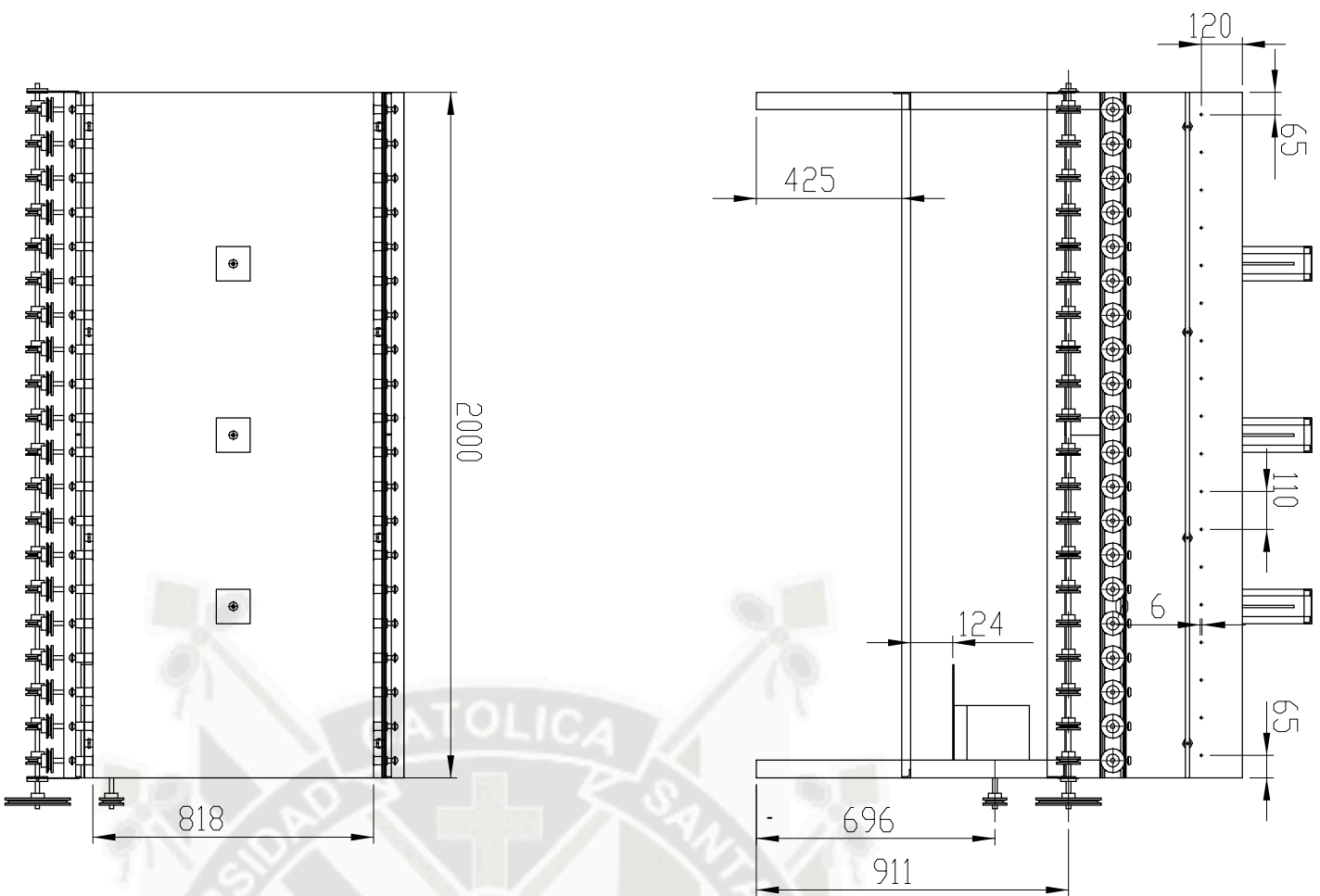
Figura 4.7 estructura con refuerzos intermedios





CAPÍTULO V
PLANOS Y COSTOS

5.1. PLANOS MECÁNICOS



DETALLE P
ESCALA 1 : 10

U C S M				DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDEADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES	
NDMBRE	FECHA	ENSAMBLAJE DE HORNO		A3	
DIBUJ	FECHA				
VERIF.	FECHA				
APROB.	FECHA				
ESCALA 1:20				HDA 1 DE 5	

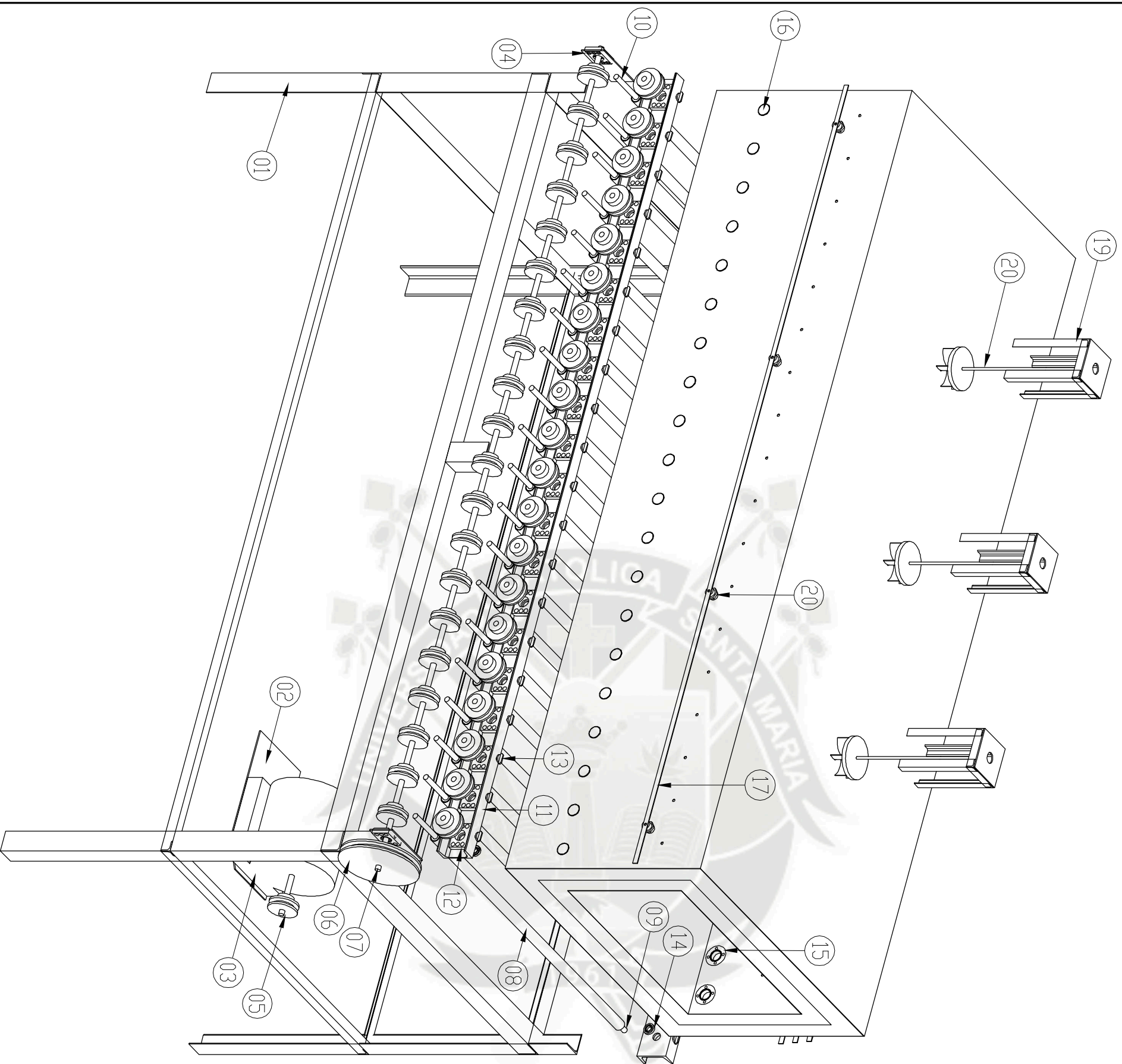


Tabla general

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
01	01	Estructura Base	Acero A36
02	01	Motorreductor	Acero A36
03	01	Placa base de Motor	Acero A36
04	02	Placa Fortalecimiento Lateral	Aluminio
05	61	polea de Dia 50 mm	Aluminio
06	01	polea Conductida	Aluminio
07	01	Eje de porta poleas	Acero A 36
08	20	Rodillos de Long. 920 mm	Acero A 36
09	10	Pin de Sujecion 50,8 mm	Acero A 36
10	10	Pin de Sujecion 100 mm	Acero A 36
11	02	Perfil C. 3 x1,5 x 1/8	Acero A 36
12	20	Portarrodamiento	Acero A 36
13	40	luerca de ajuste de Rodamiento M0,5x1	Acero A 36
14	40	Rodamiento 61803	Acero A 36
15	40	Bocina exterior de Horno	Acero A 36
16	40	Bocina de Aislante	Acero A 36
17	04	Barras de Conductoras 12 x 2 x 2000	Aluminio
18	03	Soporte de Ventilador	Acero A 36
19	03	Ventilador	Inox 304
20	08	Soporte Aislador de Barras Cond. 25mm	Poliimida

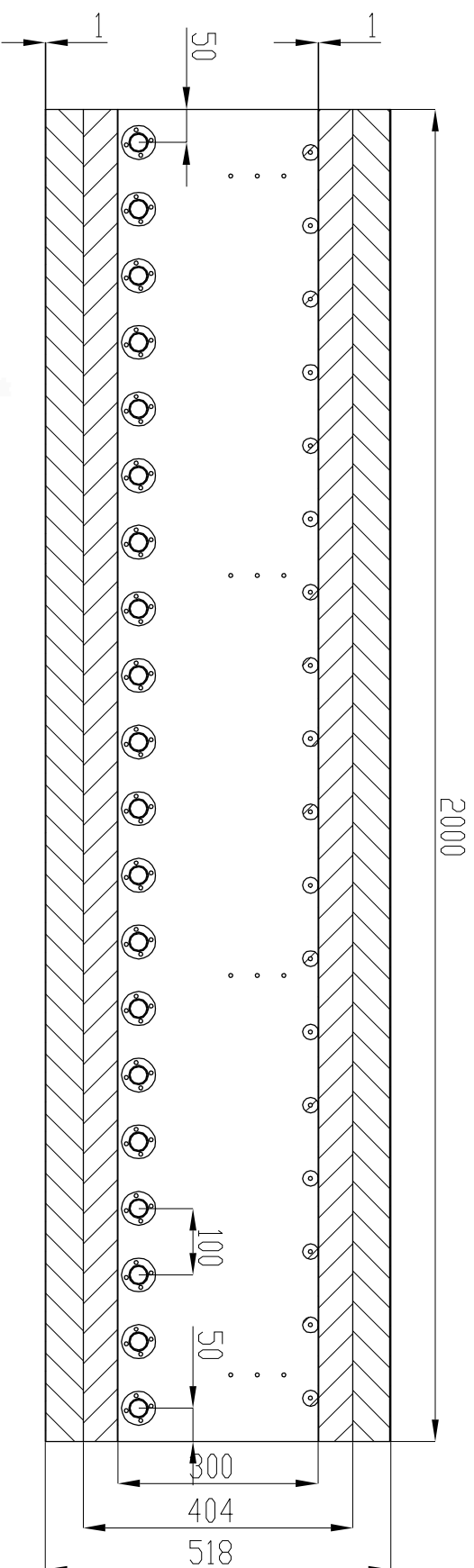
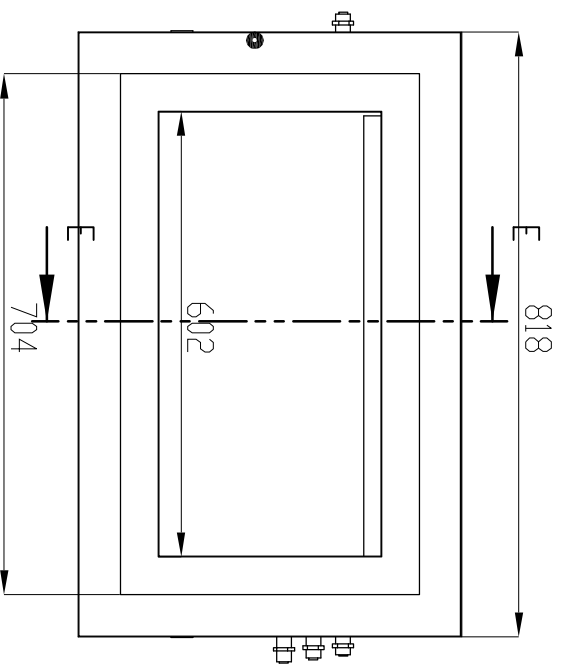
U C S M

DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDEADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES

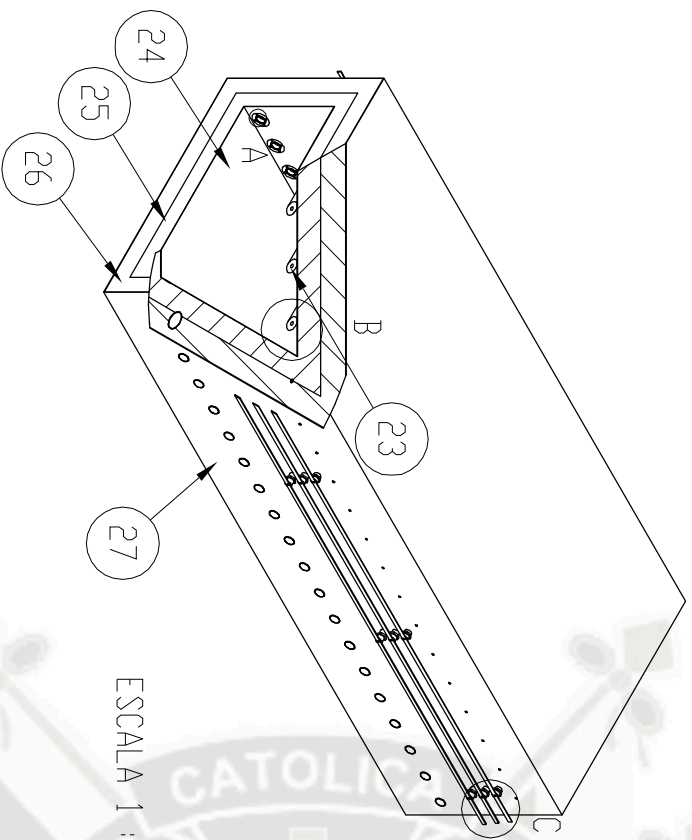
NOMBRE	FIRMA	FECHA	ESCALA	HUCLA	DE	5
G. Apoc			1:10			
VERIF.						
APROB.						

HORNO EN EXPLOSION

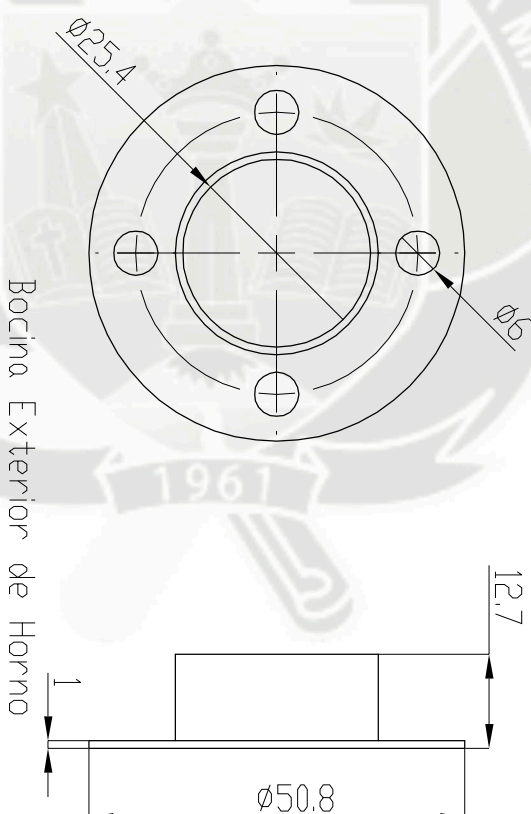
A3



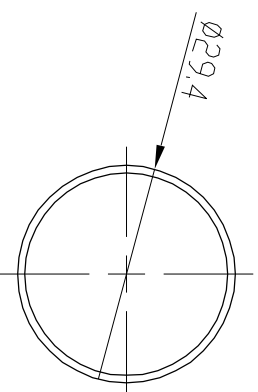
SECCION E-E
ESCALA 1 : 10



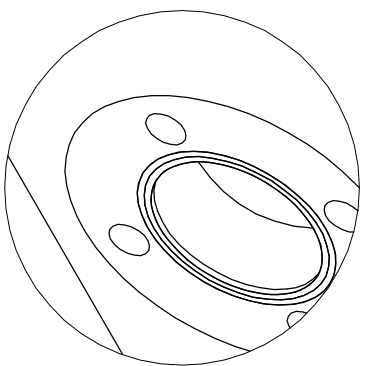
ESCALA 1 : 20



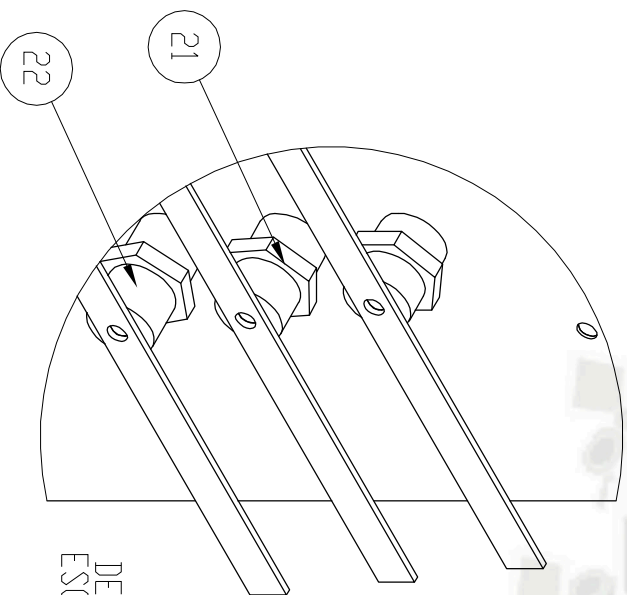
Bocina Exterior de Horno
ESC 1:1



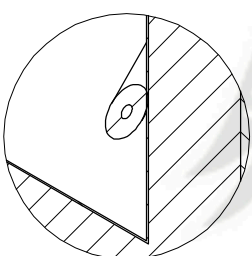
Bocina de Aislantes
ESC 1:1



DETALLE A
ESCALA 1 : 1



DETALLE C
ESCALA 1 : 2



DETALLE B
ESCALA 1 : 5

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
21	04	SopORTE Aislador de Barras Cond. 25mm	Poliamida
22	04	SopORTE Aislador de Barras Cond. 35mm	
23	18	Resistencias Electricas	NiCr
24	01	Protector Interno Pl 1 mm	Inox 304
25	01	Aislante Ceramico	Fibra Ceramica
26	01	Aislante termico de Vidrio	anodo Vidrio
27	01	Protector externo Pl 1 mm	Inox 304

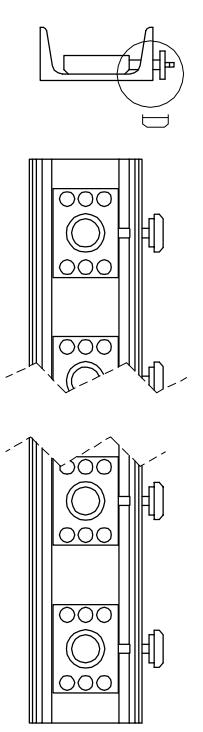
U C S M

DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDEADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES

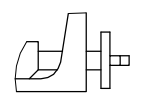
AISLANTE DE HORNO

A3

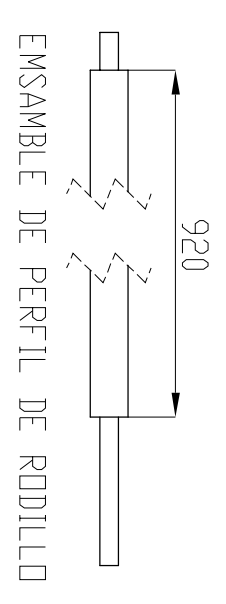
NOMBRE	FIRMA	FECHA	ESCALA ESPECIFICADA EN PIEZAS	HOLA 3 DE 5
DIBUJ. G Alpoce				
VERIF.				
APROB.				



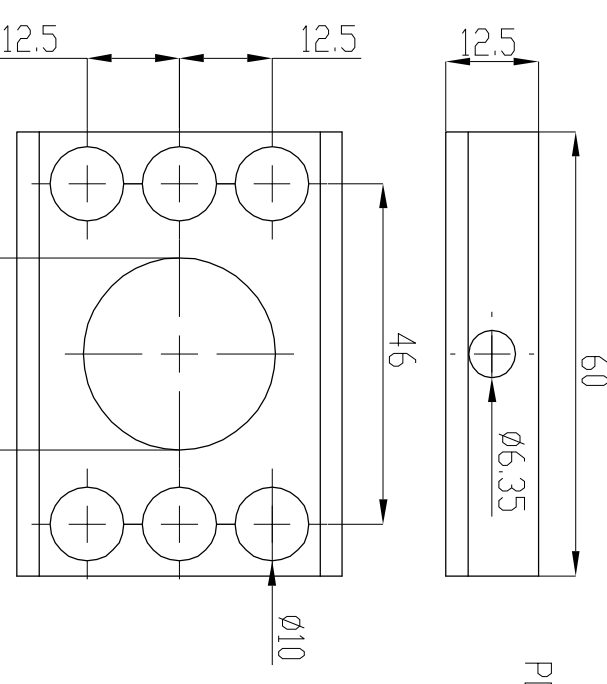
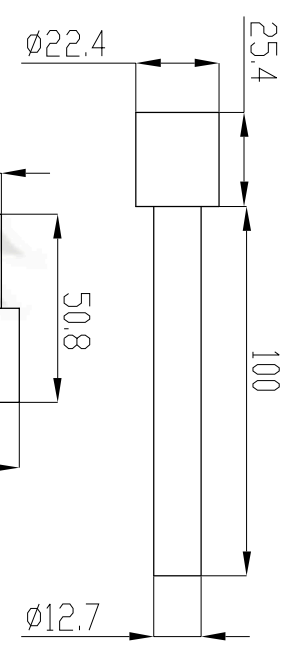
ENSAMBLE DE PERFIL C Y PORTARRODDAMIENTOS
ESC 1:5



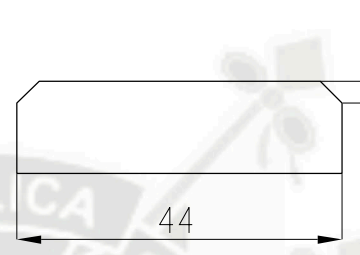
DETALLE D
ESC 2 : 5



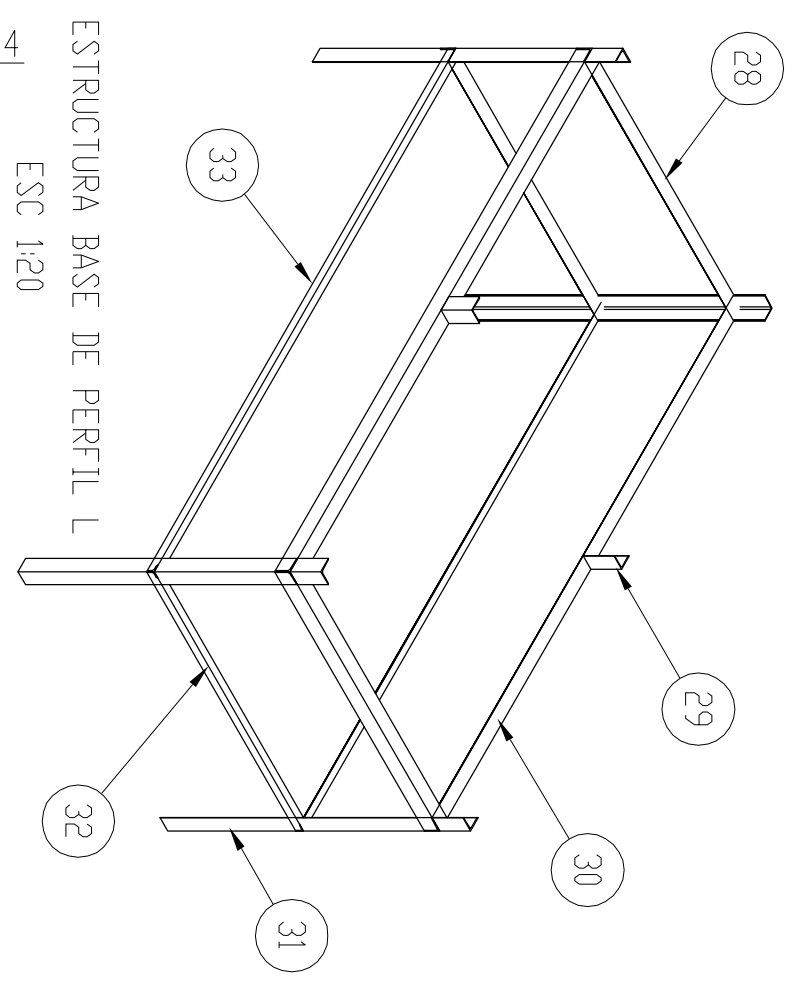
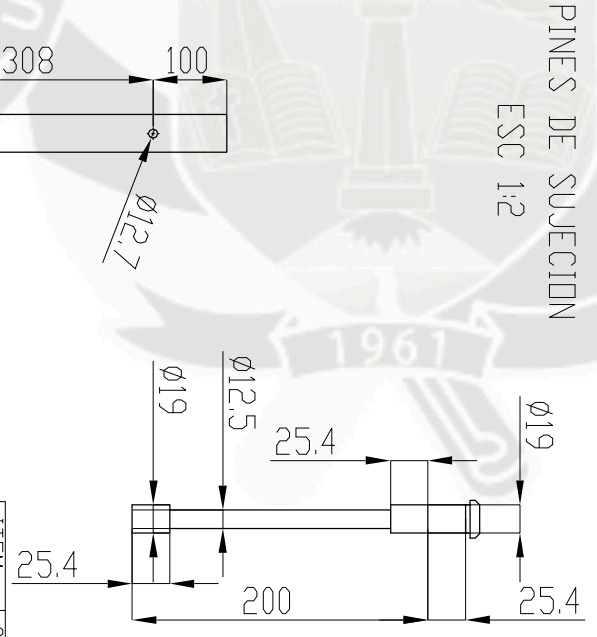
ENSAMBLE DE PERFIL DE RODILLO
ESC 1:5



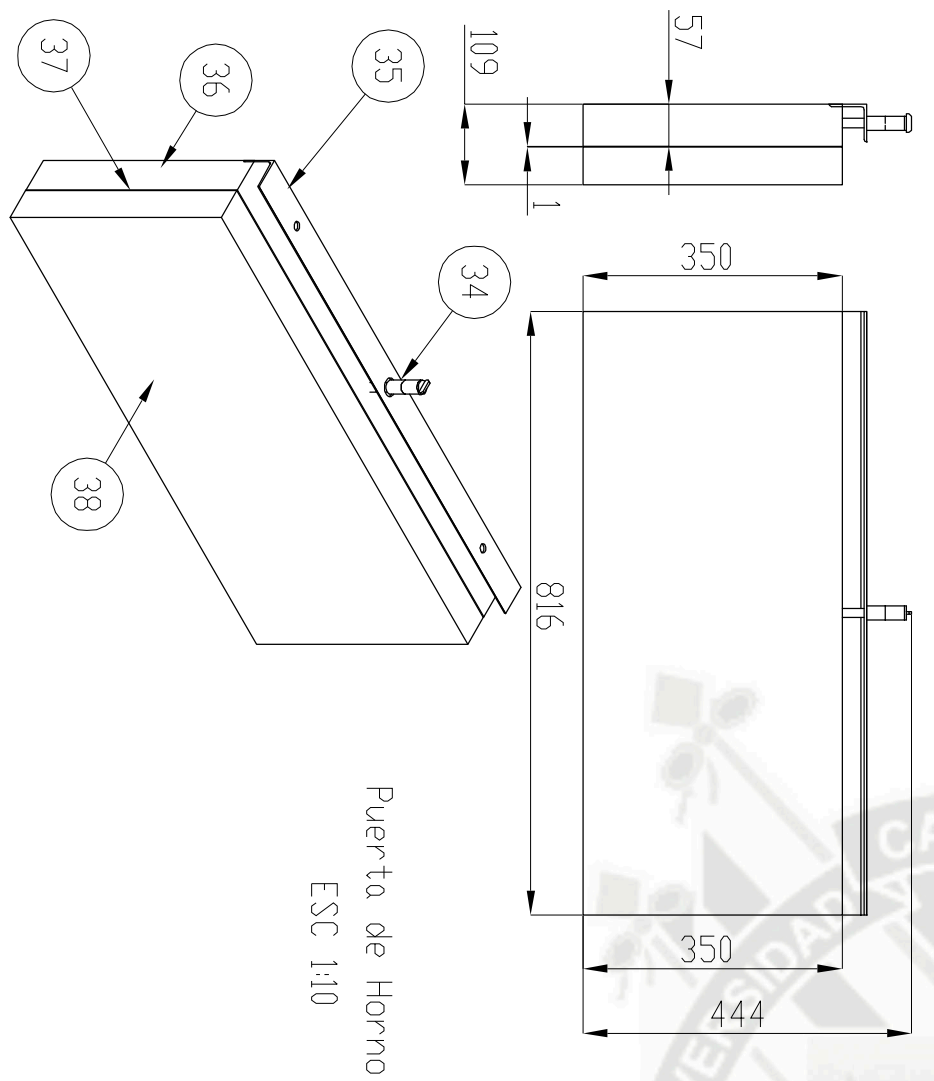
PORTARRODDAMIENTO
ESC1:1



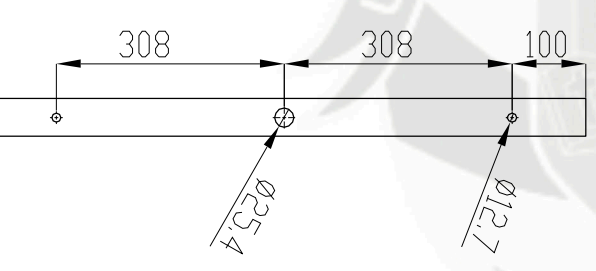
PINES DE SUJECION
ESC 1:2



ESTRUCTURA BASE DE PERFIL L
ESC 1:20



Puerta de Horno
ESC 1:10



ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
28	02	Perfil L 2 x 11/2 x 1/8 Long. 990	Acero A 36
29	02	Perfil L 2 x 11/2 x 1/8 Long. 102	Acero A 36
30	02	Perfil L 2 x 11/2 x 1/8 Long. 2000	Acero A 36
31	04	Perfil L 2 x 11/2 x 1/8 Long. 1002	Acero A 36
32	02	Perfil L 1 x 1x 1/8 Long. 990	Acero A 36
33	02	Perfil L 1 x 1x 1/8 Long. 2000	Acero A 36
34	01	ornillo de Levante de Puerta	Acero A 35
35	01	Angulo de Puerta	Acero A 36
36	01	Aislante Ceramico	Fibra Ceramica
37	01	Alma de Puerta Pl 1mm	Acero A 35
38	01	Aislante de Vidrio	Lana de Vidrio

U C S M

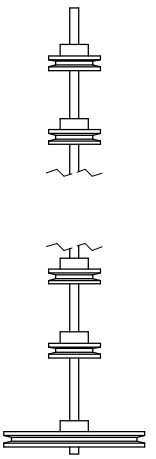
DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDEADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES

NOMBRE	FIRMA	FECHA	ESTRUCTURAS Y EJES
DBLUJ	G Alpoce		
VERIF.			
APROB.			

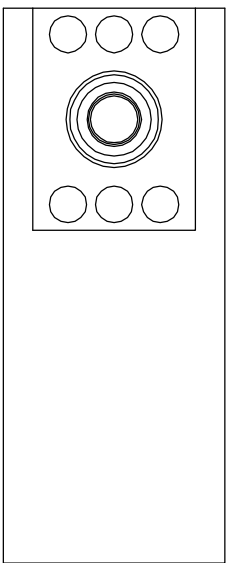
ESCALA INICIAL

HOJA 4 DE 5

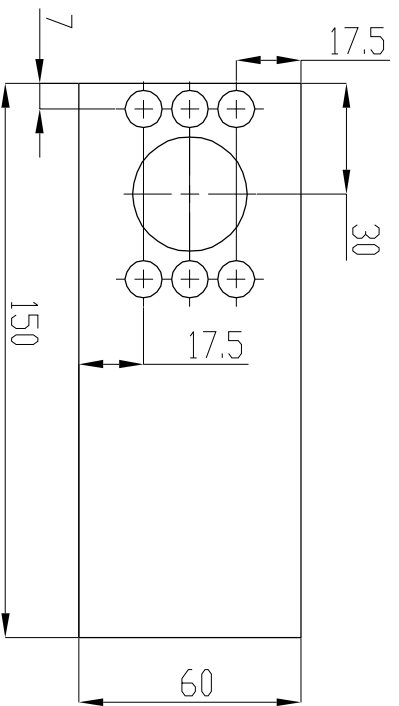
A3



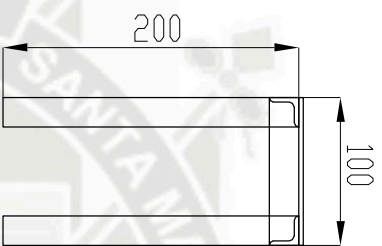
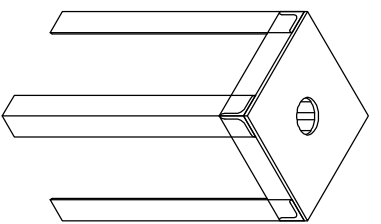
EJE DE SOPORTE DE POLEAS
ESC 1:10



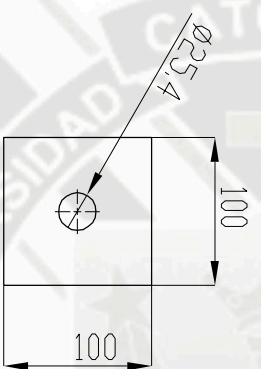
PLACA SOPORTE Y PORTARRONDAMIENTO
ESC 1:2



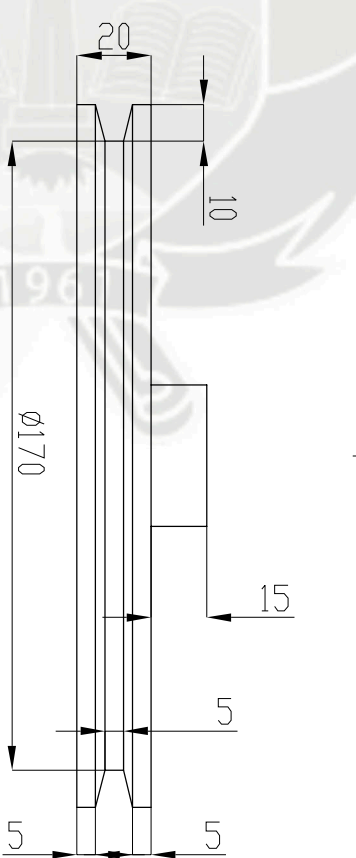
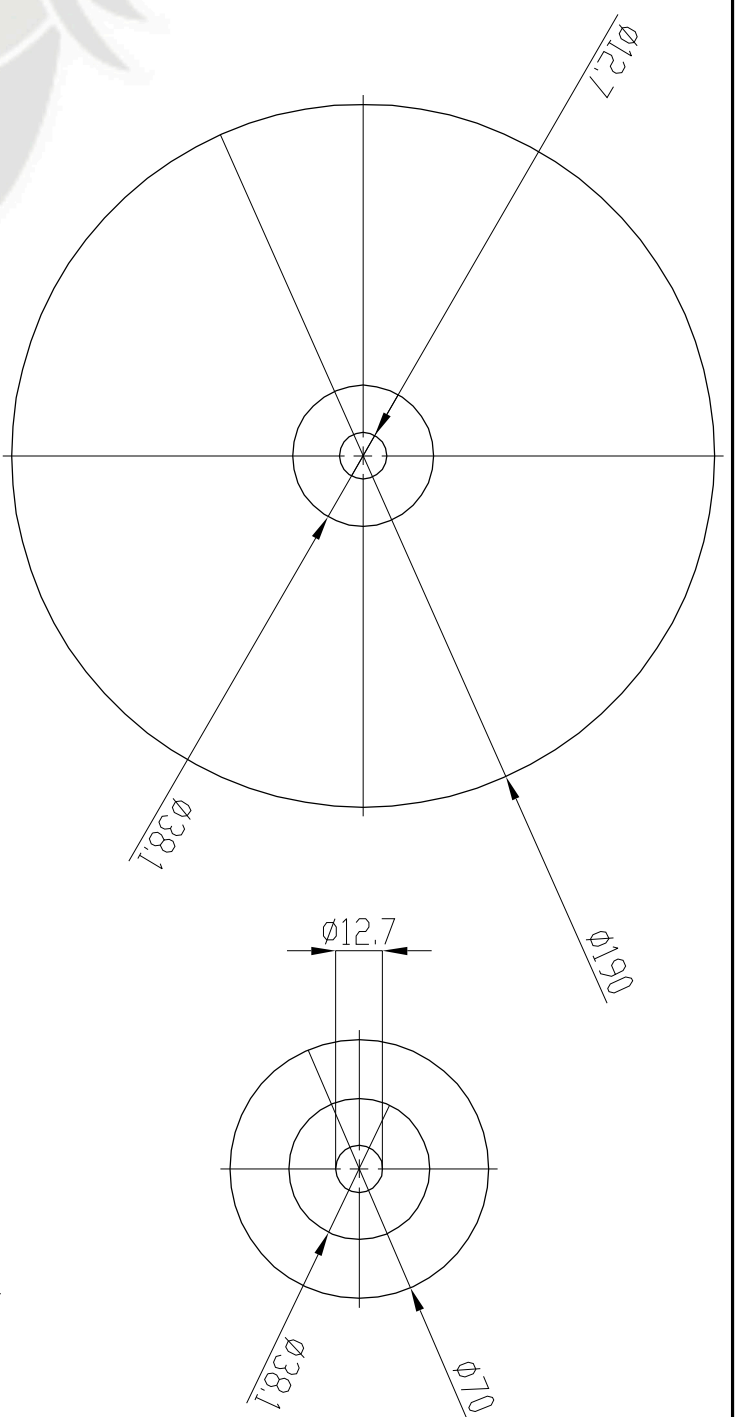
PLACA DE SOPORTE LATERAL DE POLEA
PL 1/8 PULG ESC 1:2



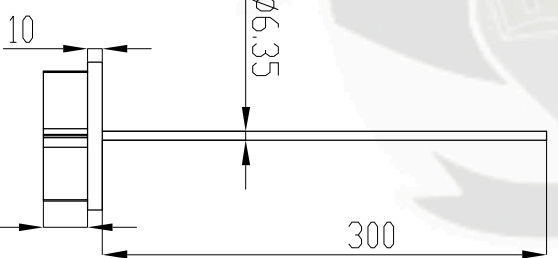
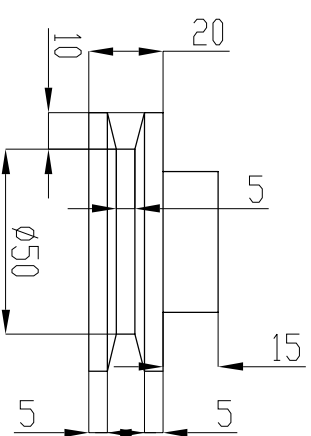
SOPORTE DE VENTILADOR
L 1/2X1/2X1/16 ESC 1:2



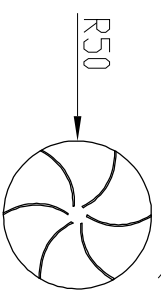
TAPA DE SOPORTE DE VENT.
PL 1/8 PULG ESC 1:2



POLEAS ESCALA 1:2



VENTILADOR
ESC 1:5

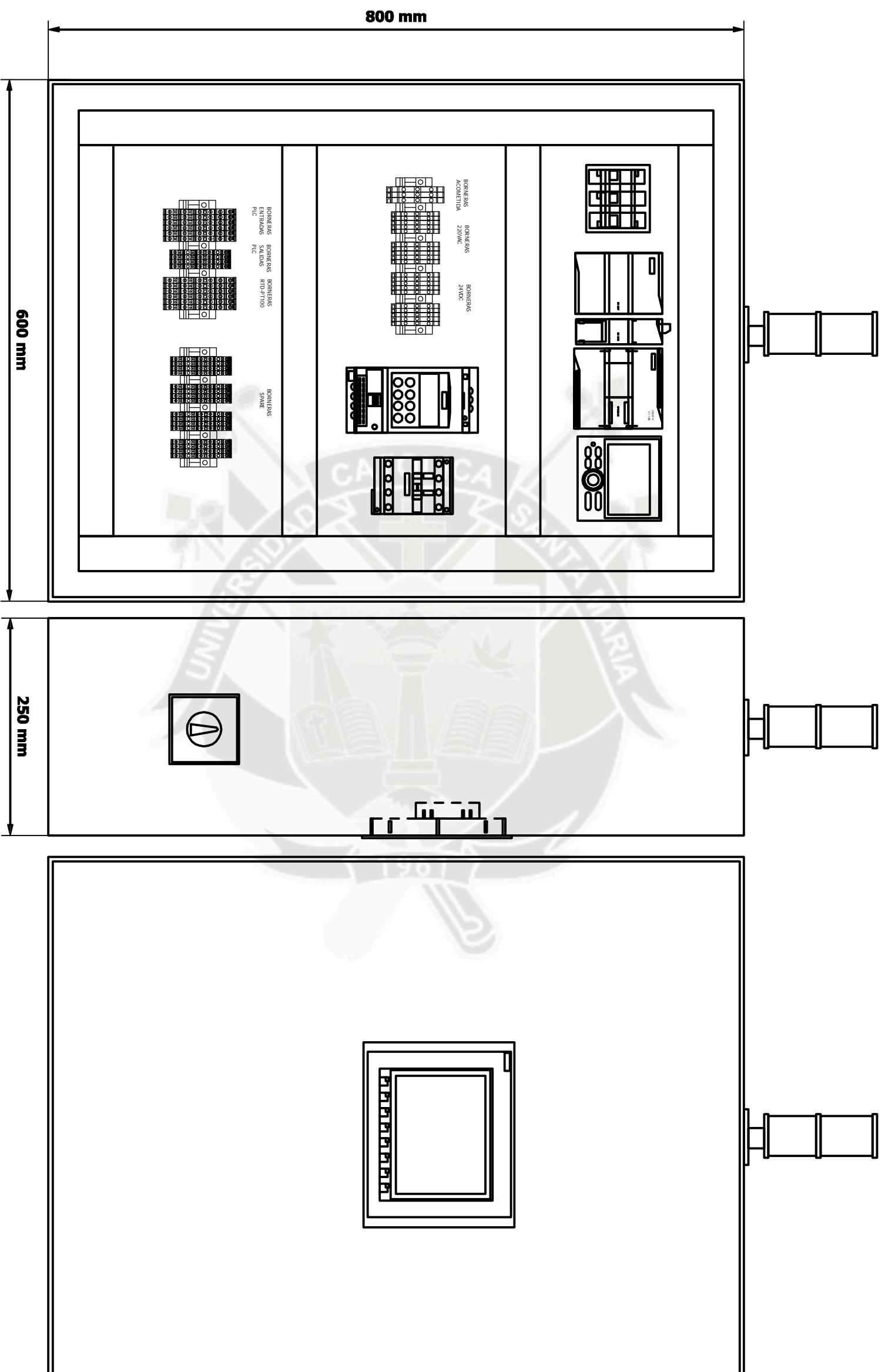


U C S M			DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDEADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES	
NOMBRE	FIRMA	FECHA	POLEAS Y SOPORTES	
DIBUJ. G. Alpacá				
VERIF.				
APROB.				
ESCALA INDICADA			HOLA 5 DE 5	A3



5.2. PLANOS ELÉCTRICOS

DISTRIBUCION DE TABLERO



U C S M

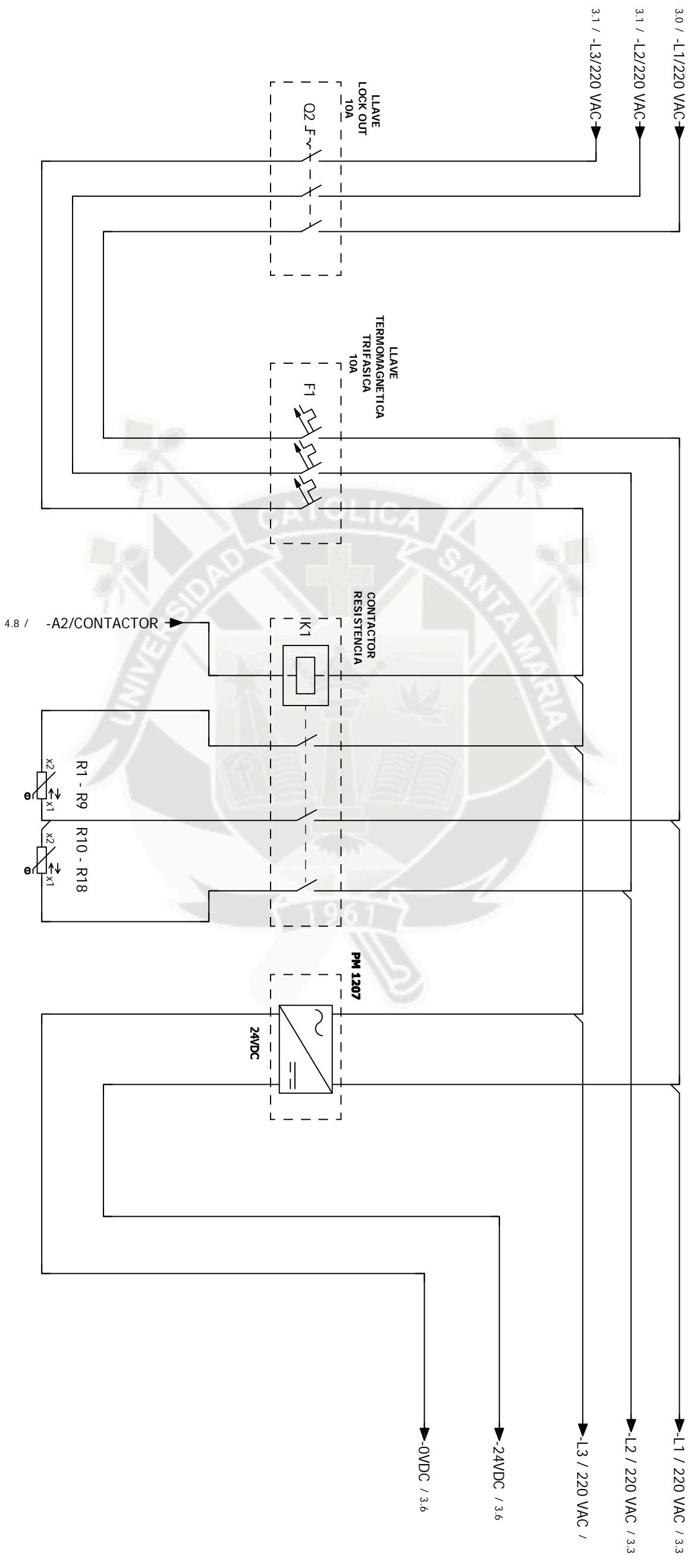
DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES

ENSAMBLAJE DE HORNO

A3

U C S M			DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES		
DIBUJ	MDRRE	FECHA	ENSAMBLAJE DE HORNO		
VERIF	G Apoco				
APPDS			ESCALA: 1:20		
			HOJA 1 DE 7		

DISTRIBUCION DE TENSION ALTERNA Y CONTINUA



U C S M

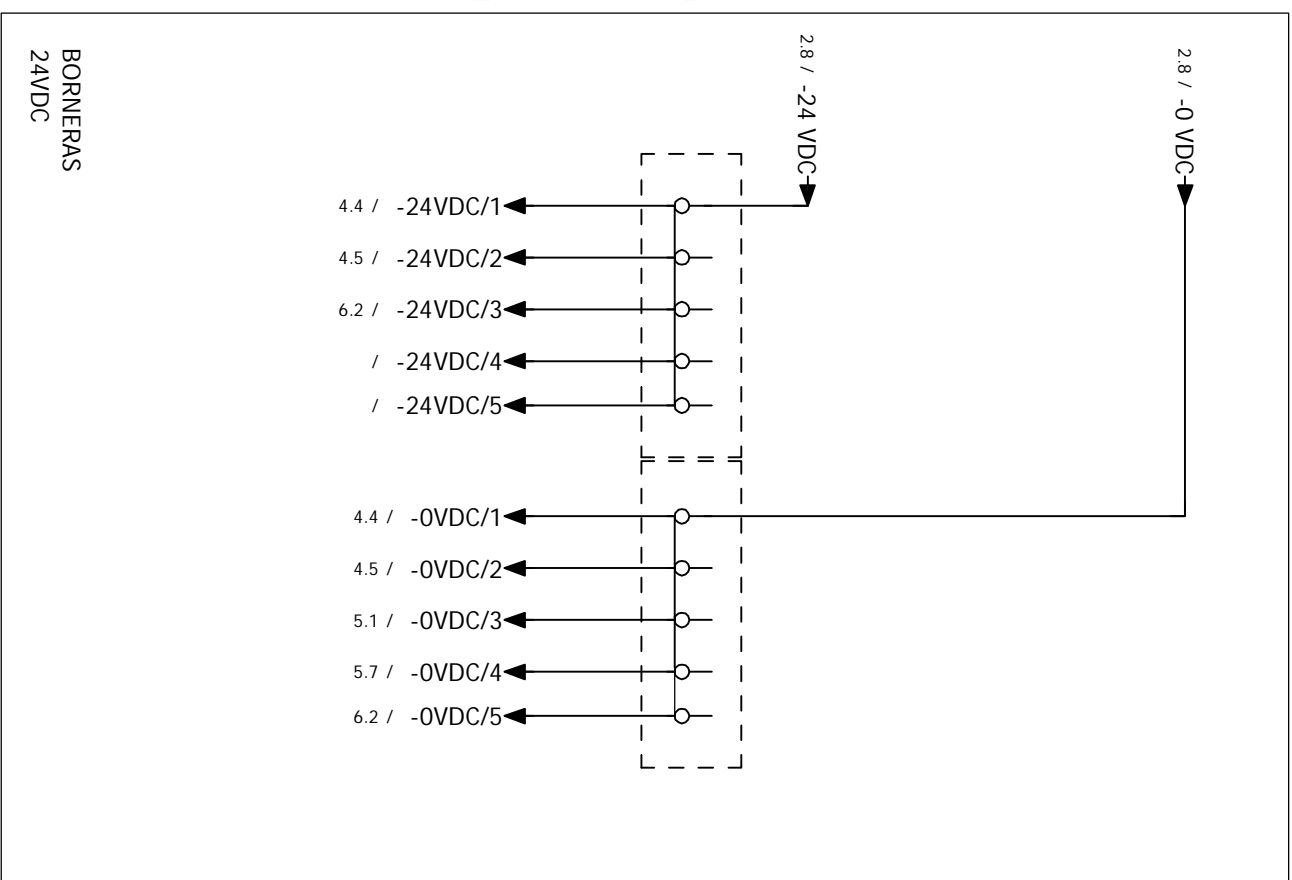
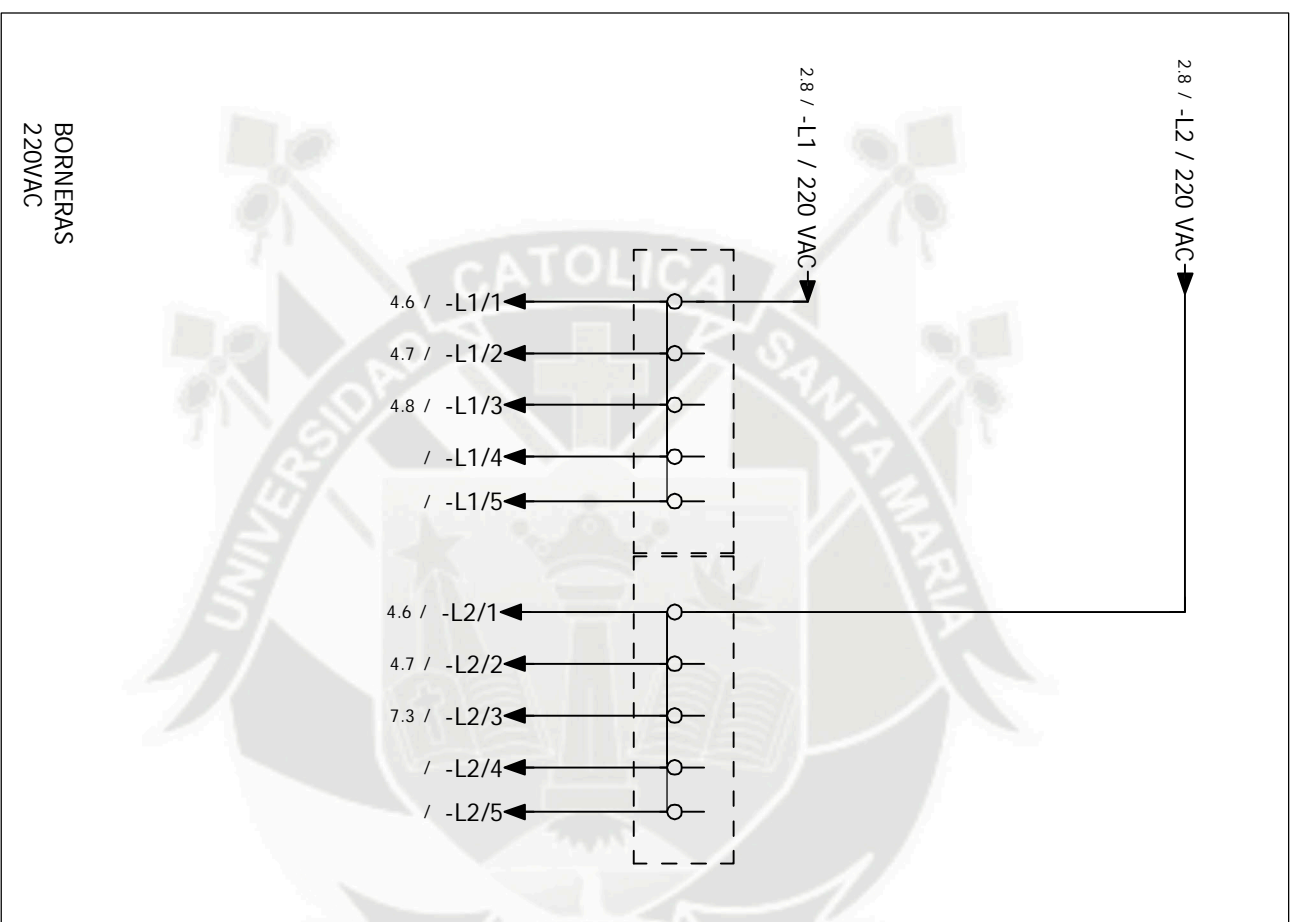
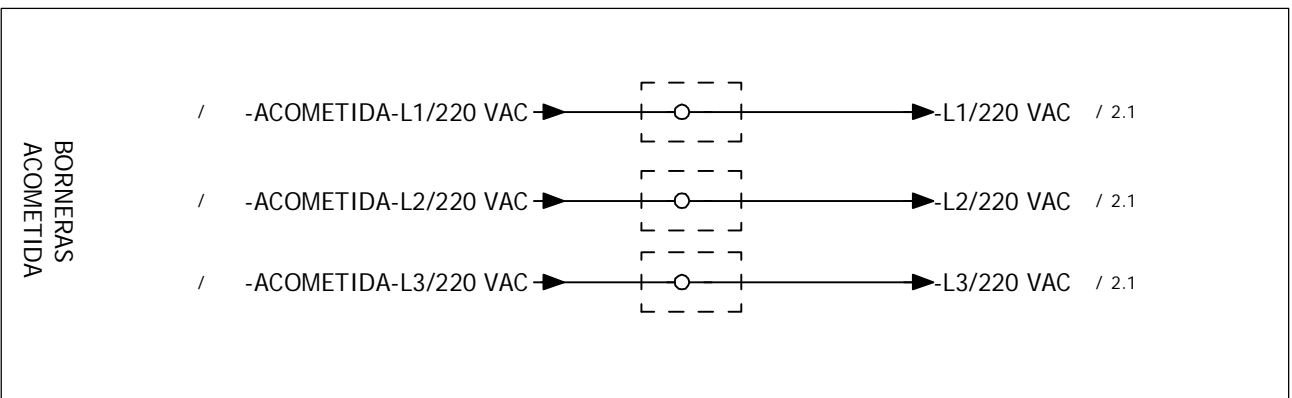
DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES

ENSAMBLAJE DE HORNO

A3

NOMBRE		FECHA	
DIBUJ		VERIF	
APROB		APROB	
ESCALA: 1:20		HOJA 2 DE 7	

DISTRIBUCION DE BORNERAS 220 VAC / 24 VDC

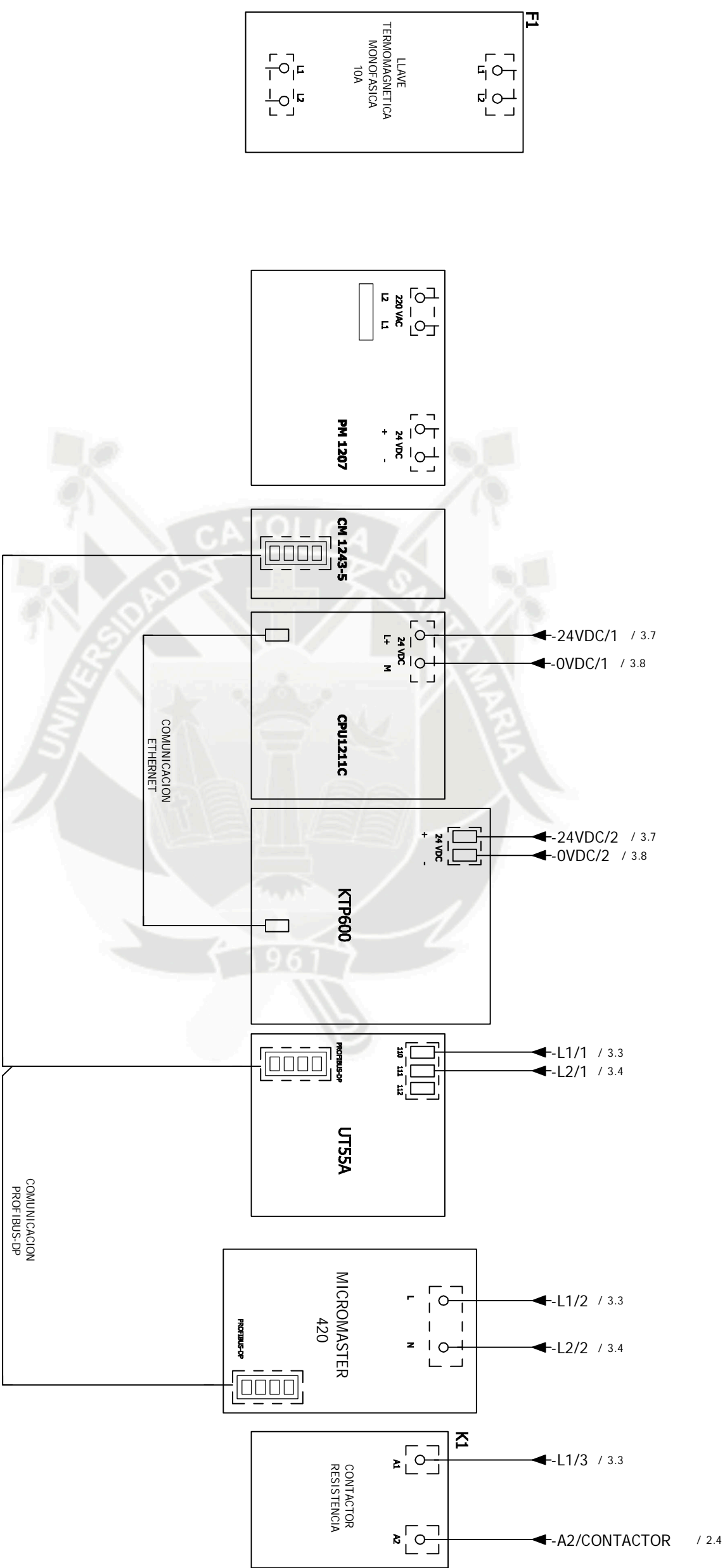


DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES

U C S M

NOMBRE			FECHA		
DIBUJ			VERIF		
APROB			ESCALA: 1:20		
ENSAMBLAJE DE HORNO					A3
HOLA 3 DE 7					

DISTRIBUCION DE TENSION ALTERNA Y CONTINUA



U C S M

DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDEADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES

ENSAMBLAJE DE HORNO

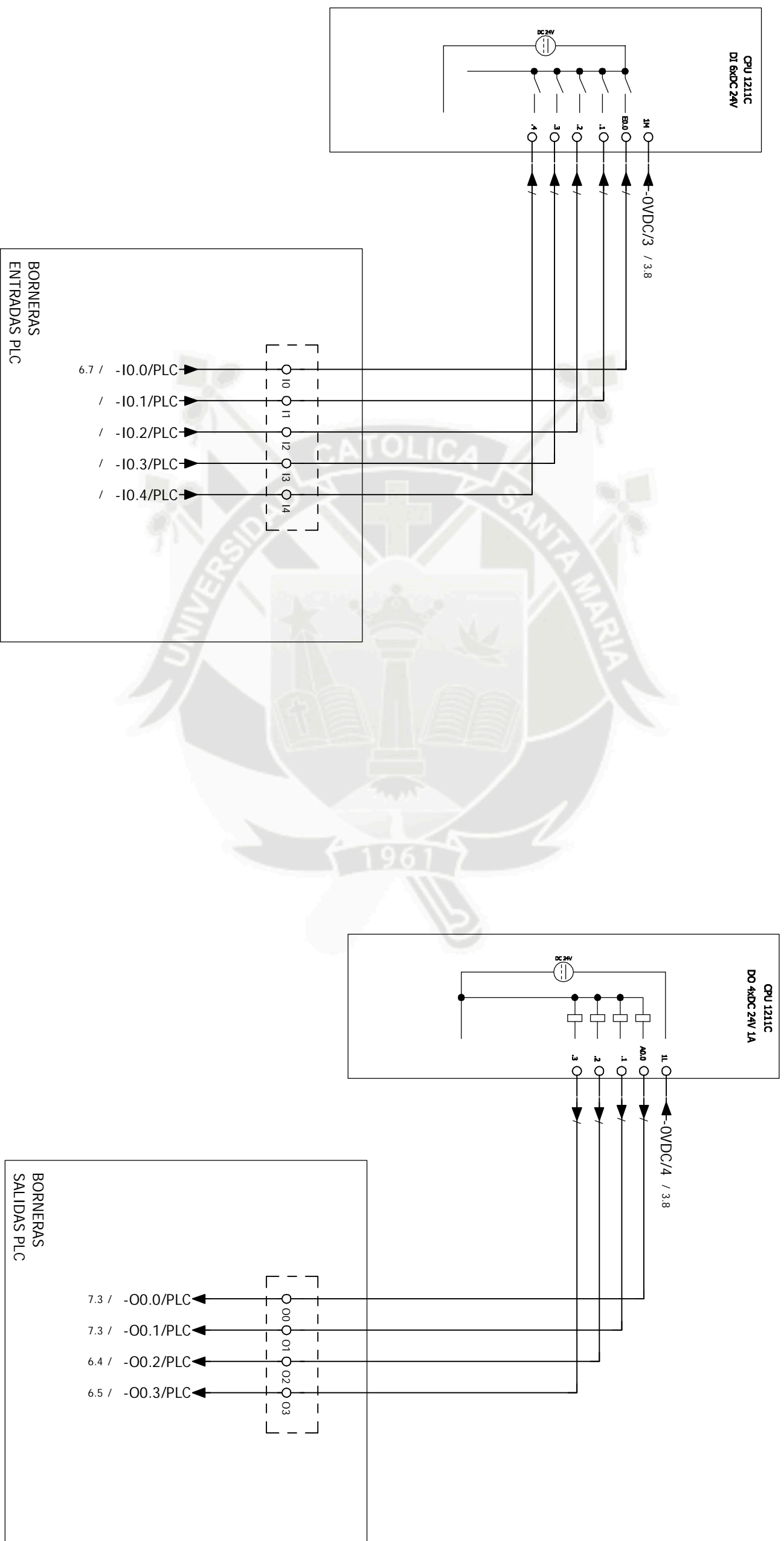
A3

NOMBRE	FECHA
DIBUJ G Apoco	
VERIF	
APROB	

ESCALA: 1:20

HOLA 4 DE 7

DISTRIBUCION DE ENTRADAS Y SALIDAS DE PLC



U C S M

DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES

ENSAMBLAJE DE HORNO

A3

DIBUJ
VERIF
APROB

G. Apoco

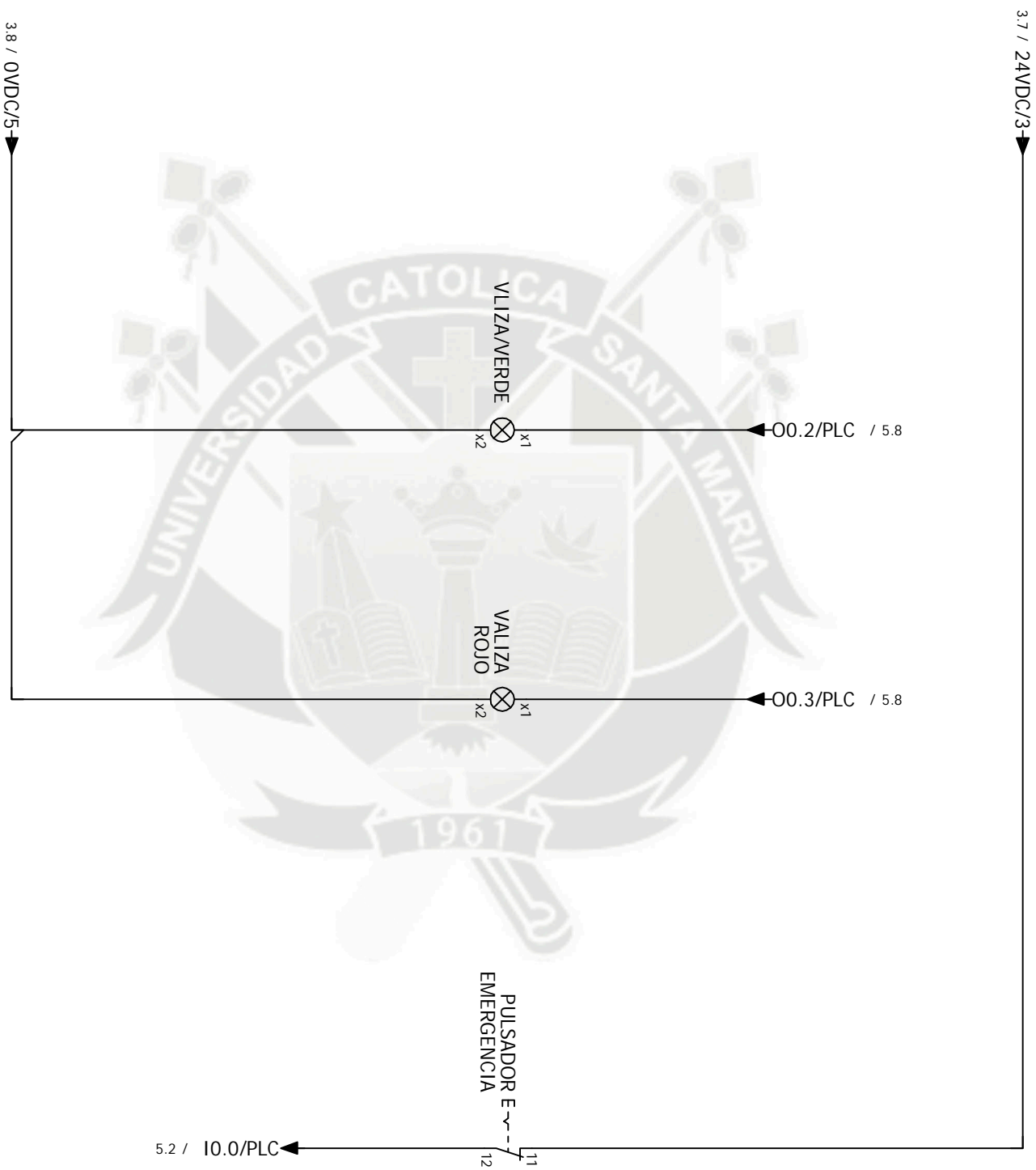
FECHA

FECHA

ESCALA: 1:20

HOLA 5 DE 7

DISTRIBUCION DE PULSADORES Y SENSORES



U C S M

DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES

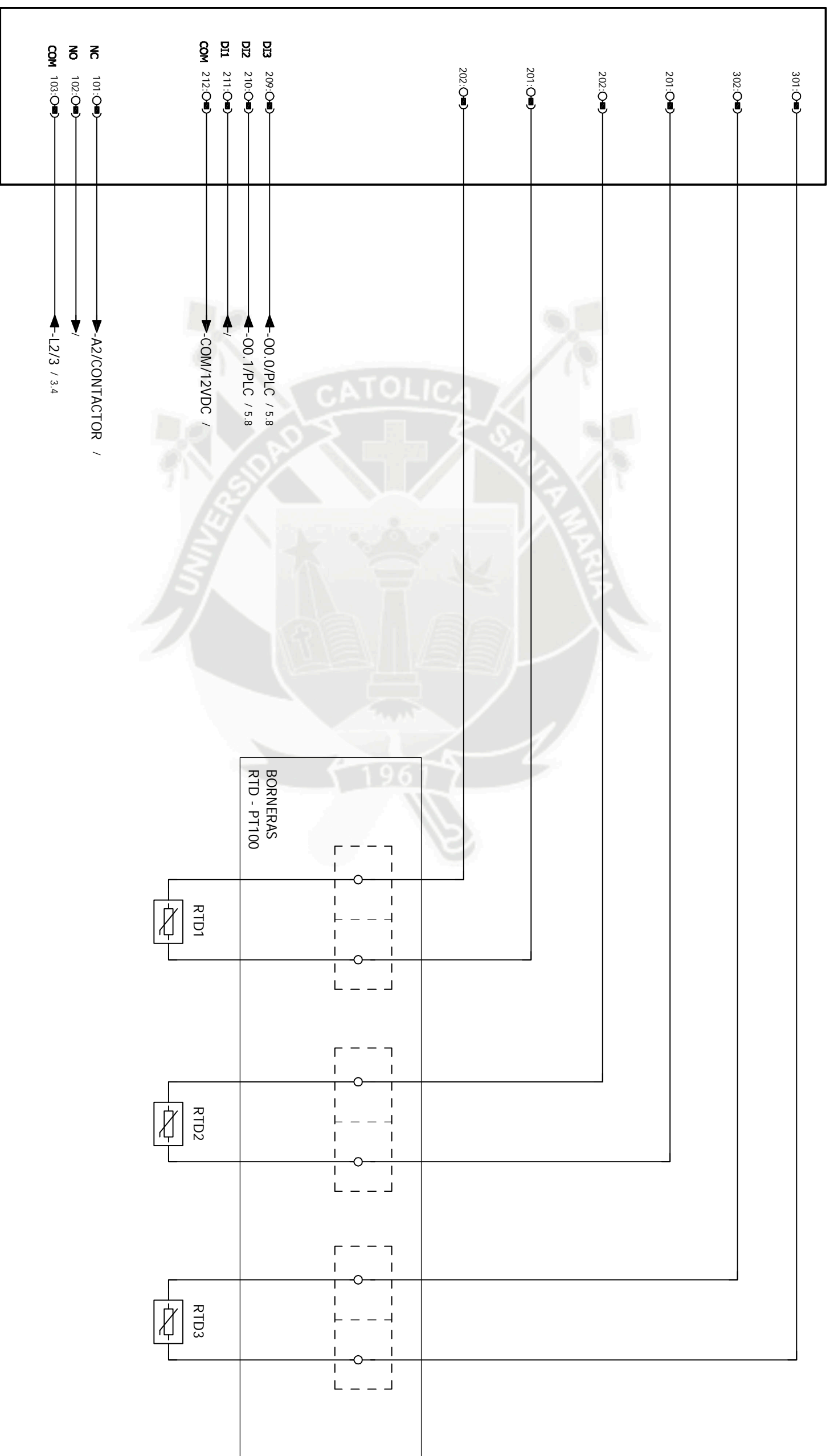
ENSAMBLAJE DE HORNO

A3

U C S M				DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES	
DI. BILL	NOMBRE	FECHA	ENSAMBLAJE DE HORNO		
VERIF.	G. Apoco				
APROB.					
ESCALA: 1:20			HOJA 5 DE 7		

DISTRIBUCION DE ENTRADAS Y SALIDAS CONTROLADOR DE TEMPERATURA

UT55A



U C S M			DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA LLEVAR EL VIDRIO A SU PUNTO ELÁSTICO PARA POST MOLDADO DE REFLECTORES DE COLECTORES SOLARES	
DIBUJANTE	FECHA	VERIFICADO	ENSAMBLAJE DE HORNO	
G. Apoco				
APROBADO			ESCALA: 1:20	HOJA 7 DE 7

5.3. COSTOS

En esta sección nos avocaremos a determinar el valor o costo total de los recursos económicos que se necesita para construir el horno teniendo en cuenta los costos de diseño (tabla 5.1), costos de adquisición y fabricación de elementos del horno (tabla 5.2), costos del tablero eléctrico de control del horno (tabla 5.3), costos de montaje (tabla 5.4) y los costos totales (tabla 5.5)

Costo de diseño		Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo parcial
ID	Descripción	Cant.	Und	C.U. (\$)	C.P = Cant * C.U
01	Desarrollo de diseño de Horno por Ingeniero Mecánico	1100	h-h	6.5	7150
02	Elaboración de Planos, Ensamble y Detalles	200	h-h	3	600
03	Asesoría de Ingeniero Mecánico	40	Glb	20	800
04	Gastos de recopilación de datos	1	Glb	400	400
05	Costos de traslado de investigación	1	Glb	300	300
COSTO TOTAL = Σ (C.P.I)					\$9,250.0

Tabla 5.1 costo de diseño

Costos de adquisición y fabricación de elementos del horno						
ID	Descripción	Material	Cant.	Unid	P.U.(\$)	P.P (\$)
01	Motoreductor 1500:30 1/8 HP	Motores GR	01	Pza.	2000.0	2000.0
02	Placa de base de Motor PL1/8 pulg	ASTM A36	01	Pza.	5.0	5.0
03	Placa base porta rodamiento Lateral PL1/8 pulg	ASTM A36	02	Pza.	7.0	14.0
04	Polea Día. 50 mm	Aluminio	61	Pza.	8.0	488.0
05	Polea conducida Día. 190 mm	Aluminio	01	Pza.	10.0	10.0
06	Eje porta poleas 1 pulg	ASTM A36	01	Pza.	17.0	17.0
07	Rodillos de Long. 920 mm	ASTM A36	20	Pza.	6.5	130.0
08	Pin de Sujeción 2 pulg	ASTM A36	10	Pza.	2.5	25.0
09	Pin de Sujeción 10 mm	ASTM A36	10	Pza.	3.5	35.0
10	Perfil C 3x1,5x1/8	ASTM A36	02	Pza.	220.0	440.0
11	Porta rodamiento	ASTM A36	20	Pza.	7.0	140.0
12	Tuerca de ajuste de rodamiento M 0,5x1	ASTM A36	40	Pza.	0.3	12.0
13	Rodamiento 61803	SKF	40	Pza.	8.0	320.0
14	Bocina exterior de horno	ASTM A36	40	Pza.	1.2	48.0
15	Bocina de Aislante	ASTM A36	40	Pza.	2.0	80.0
16	Barras de Conductores 12x2x2000 mm	Cobre	04	Pza.	45.0	180.0
17	Soporte de Ventilador	ASTM A36	03	Pza.	3.5	10.5
18	Ventilador	Inox 304	03	Pza.	4.0	12.0
19	Soporte de Aislador de Barras Cond. 25mm	Poliamida	08	Pza.	0.8	6.4
20	Puerta de Horno	ASTM A36	01	Pza.	15.0	15.0
21	Soporte de Aislador de Barras Cond. 25mm	Poliamida	04	Pza.	0.8	3.2
22	Soporte de Aislador de Barras Cond. 35mm	Poliamida	04	Pza.	0.8	3.2
23	Resistencias eléctricas	NiCr	18	Pza.	10.0	180.0
24	Protector Interno PL 1mm	Inox 304	01	Pza.	220.0	220.0
25	Aislante térmico cerámico	Fibra Cerámico	01	Pza.	50.0	50.0
26	Aislante térmico de vidrio	ASTM A36	01	Pza.	45.0	45.0
27	Protector externo PL 1mm	Inox 304	01	Pza.	200.0	200.0
28	Perfil L 2x1 1/2x 1/8 Long 990 mm	ASTM A36	02	Pza.	8.5	17.0
29	Perfil L 2x1 1/2x 1/8 Long 102 mm	ASTM A36	02	Pza.	2.5	5.0
30	Perfil L 2x1 1/2x 1/8 Long 2000 mm	ASTM A36	02	Pza.	16.0	32.0
31	Perfil L 2x1 1/2x 1/8 Long 1002 mm	ASTM A36	04	Pza.	8.5	34.0
32	Perfil L 1x1x 1/8 Long 990 mm	ASTM A36	02	Pza.	6.5	13.0
33	Perfil L 1x1x 1/8 Long 2000 mm	ASTM A36	02	Pza.	7.0	14.0
34	Tornillo de levante de puerta	ASTM A36	01	Pza.	3.5	3.5
35	Angulo de puerta 1/2 x 1/2 long 1000	ASTM A36	01	Pza.	2.7	2.7
36	Aislante cerámico	Fibra Cerámico	01	Pza.	4.5	4.5
37	Alma de puerta PL 1mm	ASTM A36	01	Pza.	4.5	4.5
38	Aislante de vidrio	Lana de Vidrio	01	Pza.	4.5	4.5
COSTO						\$ 4824.0

Tabla 5.2 costos de adquisición y fabricación de elementos del horno

Costos del tablero eléctrico de control del horno						
ID	Descripción	Material	Cant.	Unid	P.U.(\$)	P.P (\$)
01	Gabinete Atlantic Metálico IP 66 IK 600x800x250 mm	ASTM A36	01	Pza.	2251.0	2251.0
02	Transformador de control 440/220 V 2rio 220/127 V	LEGRANT	01	Pza.	860.0	860.0
03	Contactador magneto térmico	SIEMENS	02	Pza.	30.0	60.0
04	Bomeras 220VAC	ABB	02	Pza.	7.0	14.0
05	Bomeras 24VDC	ABB	61	Pza.	8.0	488.0
06	Bomera Acometida	ABB	01	Pza.	10.0	10.0
07	Bomera Entrada PLC	ABB	01	Pza.	17.0	17.0
08	Bomera Salida PLC	ABB	20	Pza.	6.5	130.0
09	Bomera RTD PTC100	ABB	10	Pza.	2.5	25.0
10	Bomera SPARE	ABB	10	Pza.	2.5	25.0
11	Display	ABB	10	Pza.	2.5	25.0
12	CPU1211C DI 6xDC 24V	ABB	01	Pza.	1300.0	1300.0
13	CPU1211C DO 4xDC 24V 1A	ABB	01	Pza.	1150.0	1150.0
14	Cables	LEGRANT	20	m	1.2	23.6
15	Zócalo	LEGRANT	03	m	2.2	6.7
16	Selector	ABB	01	Pza.	74.3	74.3
17	Display externo	ABB	01	Pza.	65.0	65.0
TOTAL						\$ 6524.6

Tabla 5.3 costos del tablero eléctrico de control del horno

Costos de montaje					
ID	Descripción	Material	Cant.	Unid. (\$)	P.P (\$)
01	Maestro Mecánico	80	h-h	3.5	280.0
02	Ayudante 01 de Maestro Mecánico	80	h-h	2.0	160.0
03	Ayudante 02 de Maestro Mecánico	80	h-h	2.0	160.0
COSTO					\$ 600.0

Tabla 5.4 costos de montaje

Costo total de fabricación					
ID	Descripción	Material	Cant.	Unid (\$)	P.P (\$)
01	Costo de Ingeniería	01	Glb	9250.0	9250.0
02	Costo de Adquis. y Fab. De elementos	01	Glb	4824.0	4824.0
03	Costos del tablero eléctrico de control del horno	01	Glb	6524.6	6524.6
04	Costo de Montaje	01	Glb	600.0	600.0
COSTO					\$ 20598.6

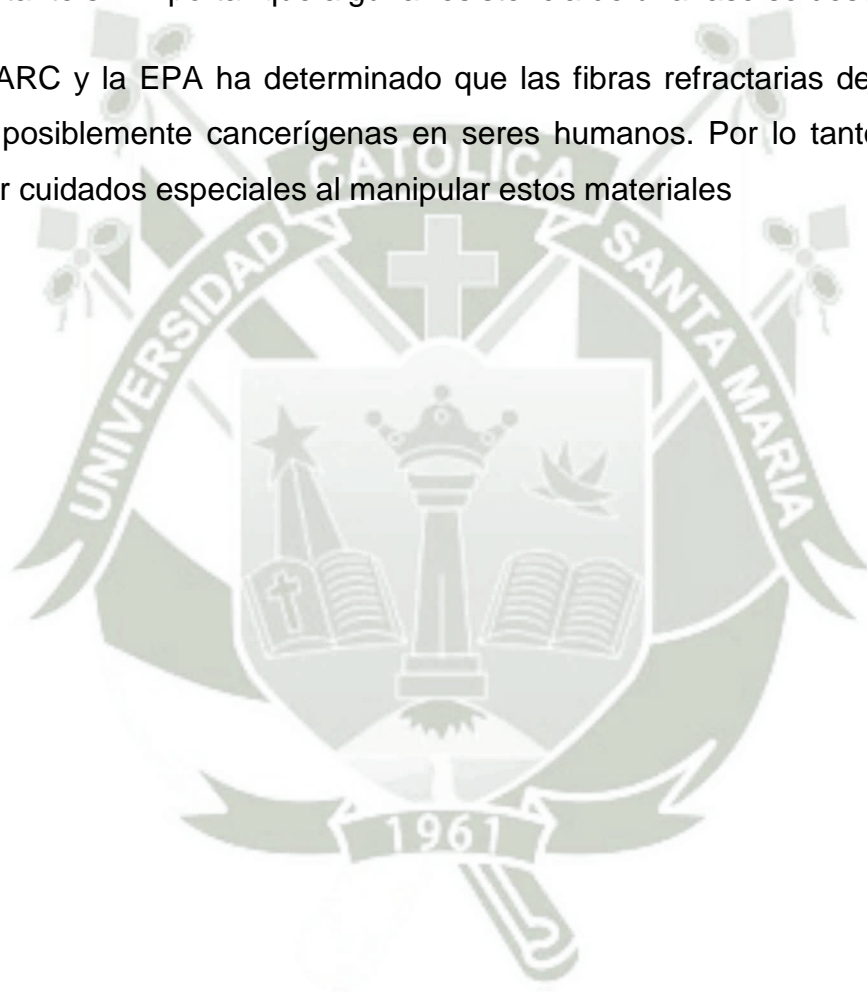
Tabla 5.5 costo total de fabricación

CONCLUSIONES

- Las energías renovables son la fuente de energía más grande e inagotable del planeta es por ello que se han creado distintas tecnologías para su aprovechamiento.
- De los distintos tipos de hornos se ha encontrado que el más amigable con el medio ambiente es el eléctrico ya que este no produce emisiones nocivas al medio ambiente.
- Hay distintos tipos de aislantes, según sus características estos se pueden usar en distintas configuraciones.
- Se diseñó un horno para llevar al vidrio a su punto plástico.
- Se determinó el tipo de horno a diseñar en función a la teoría revisada y atendiendo los requerimientos necesarios.
- Se aplicó transferencia de calor y masa para determinar las pérdidas de calor en el horno y estas son aceptables.
- Se observó que para que el horno pueda llegar a su temperatura de trabajo se requiere cierta cantidad de energía necesaria.
- Se seleccionó el tipo de resistencias adecuadas, siendo ésta una resistencia metálica de aleación 80Ni-20Cr.
- El sistema de control automático es una selección y descripción básica de los elementos y procesos necesarios para el mismo.
- Se determinó el costo de la construcción del horno

RECOMENDACIONES

- No golpear las paredes internas del horno ya que la fibra cerámica no presenta una buena resistencia mecánica.
- Las resistencias deben conectarse en Y, puesto que asegura un voltaje constante sin importar que alguna resistencia de una fase se desequilibre.
- La IARC y la EPA ha determinado que las fibras refractarias de cerámica son posiblemente cancerígenas en seres humanos. Por lo tanto se debe tener cuidados especiales al manipular estos materiales



BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.galeon.com/energiasolar/>
- <http://fc-uni.edu.pe/mhorn>
- <http://www.energiasolar.ws/generacion/transformacion-energia-solar.html>
- <http://www.miliarium.com/bibliografia/monografias/Energia/EnergiasRenovables/EnergiaSolarTermica.asp>
- <http://html.rincondelvago.com/hornos-industriales.html>
- <http://www.vidurglass.com/decoracion-producto/vidrio-curvado>
- Manual del vidrio plano: Ing. Carlos Pearson
- Transferencia de Calor Y Masa apuntes de clase
- Diseño de Elementos de Maquinas apuntes de clase.
- Resistencia de Materiales apuntes de clase.
- <http://www.astromia.com/solar/sol.htm>
- <http://www.galeon.com/energiasolar/>
- <http://fc-uni.edu.pe/mhorn>
- <http://www.energiasolar.ws/generacion/transformacion-energia-solar.html>
- <http://www.miliarium.com/bibliografia/monografias/Energia/EnergiasRenovables/EnergiaSolarTermica.asp>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_el%C3%A9ctrica
- http://www.dyresistancewire.com/product_info.asp?id=40

- <http://www.druseidt.de/pdf/0108spa.pdf>
- http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169235612011000200007&script=sci_arttext
- <http://www.yokogawa.com/us/products/controllers-pid-plc-rtu-pac-hmi/controllers-indicators/temperature-controllers/ut55a-ut52a.htm#details>
- <http://www.jumo.co.uk/products/temperature/temperature/rtd-temperature-probe/3397/overview.html>
- Transferencia de calor y masa segunda edición; Yunus A. Cengel.
- Horno industriales de resistencias teoría, cálculo y aplicaciones; Julio Astirraga
- <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200%20-%20Folleto0411.pdf>
- <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200%20-%20Folleto0411.pdf>
- <http://w3.siemens.com/mcms/mc-drives/en/low-voltage-inverter/micromaster-4/micromaster-420/Pages/micromaster-420.aspx>



ANEXO 1

COEFICIENTES CONVECTIVOS (TRANSFERENCIA DE CALOR TERCERA
EDICIÓN YUNUS CENGEL)

Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por
convección(Adaptado de Cengel)

VALORES TÍPICOS PROMEDIOS DE h_c	
Convección libre	h_c (W/m ² .°C)
Gases	2-25
Líquidos	50-1000
Convección forzada	h_c (W/m ² .°C)
Gases	25-250
Líquidos	50-20000



ANEXO 2

ACERO INOXIDABLE 304

Propiedades termofísicas de la materia

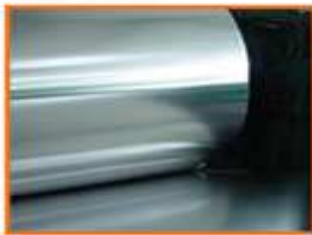
Propiedades termofísicas de sólidos metálicos a 300 K

Descripción	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kg-K)	k (W/m-K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)
Acero puro	7870	447	80.2	23.1
Acero al carbono	7854	434	60.5	17.7
Acero al carbono-silicio	7817	446	51.9	14.9
Acero al carbono-Manganeso-silicio	8131	434	41.0	11.6
Acero con cromo (bajo)	7822	444	37.7	10.9
Acero inoxidable, AISI 302	8055	480	15.1	3.91
Acero inoxidable, AISI 304	7900	477	14.9	3.95
Acero inoxidable, AISI 316	8238	468	13.4	3.48
Acero inoxidable, AISI 347	7978	480	14.2	3.71



Acero Inoxidable T304

Este es el más usado de lo Aceros Inoxidables en aislación térmica por su excelente resistencia a la corrosión, gran resistencia mecánica y buenas propiedades para ser conformado.



PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Composición Química:

- Cr: 16.5% - 18.5%
- Ni: 10.5% - 13.5%
- Mo: 2.0% - 2.5%
- Fe: Saldo

Propiedades Físicas:

- Resistencia a la tracción 74 KSI
- Límite de fluencia 30 KSI

Emissividad:

- Acero inoxidable nuevo: 0,07
- Acero inoxidable usado: 0,3



ANEXO 3

FIBRA CERÁMICA



Spun Ceramic Fiber Blanket

Nutec Fibratec® ceramic fiber blanket is composed of long, flexible, interwoven fibers manufactured by the "spun" process yielding a strong, lightweight yet durable blanket for applications in a temperature range from 538°C (1000°F) to 1482°C (2700°F).

Nutec Fibratec® Blanket has the heat resistance of a hard refractory with much better insulation value and the following features:

Features

- Low thermal conductivity.
- Very low heat storage.
- Very high tensile strength.
- Thermal shock resistance.
- Sound absorption.
- Quick repairs. Should lining damage occur, furnace can be cooled quickly.
- Contains no binder, no fumes or furnace atmosphere contamination.
- Contains no asbestos.
- No curing or dry out time, lining can be fired to operating temperature immediately.

Typical Applications

Refining and Petrochemical

- Reformer and pyrolysis lining.
- Tube seals, gaskets and expansion joints.
- Crude oil heater linings.

Steel Industry

- Heat treating and annealing furnaces.
- Furnace door linings and seals.
- Soaking pit covers and seals.
- Furnace hot face repairs.
- Reheating furnace and ladle covers.

Ceramic Industry

- Kiln car insulation and seals.
- Continuous and batch kilns.

Power Generation

- Boiler insulation.
- Boiler doors.
- Reusable turbine covers.
- Expansion seals pipe covering.
- High temperature pipe, duct and turbine insulation.

Others

- Insulation of commercial dryers and ovens.
- Veneer over existing refractory.
- Stress relieving insulation.
- Glass furnace crown insulation.
- Fire protection.

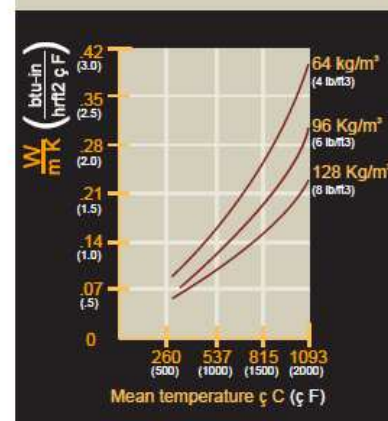
Typical Physical Properties		LTS	HPL	HPS	HTZ	HTS
Max. Use Limit	°C (°F)	1000 (1833)	1260 (2300)	1315 (2400)	1425 (2600)	1482 (2700)
Continuous Use Limit	°C (°F)	900 (1652)	1160 (2120)	1200 (2102)	1325 (2417)	1380 (2516)
Melting Point	°C (°F)	1760 (3200)	1760 (3200)	1760 (3200)	1760 (3200)	1760 (3200)
Fiber Diameter	Microns	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Fiber Length	mm(in)	203 (8)	203 (8)	203 (8)	203 (8)	203 (8)

Linear Shrinkage (%)		LTS	HPL	HPS	HTZ	HTS
24 Hr @ 1000 C (1832 F)		2,0	2,0	-	-	-
24 Hr @ 1100 C (2012 F)		-	-	1,8	-	-
24 Hr @ 1300 C (2372 F)		-	-	-	2,0	2,0

Chemical Analysis (%)		LTS	HPL	HPS	HTZ	HTS
Al ₂ O ₃		42-46	45-46	44-50	33-37	52-54
SiO ₂		50-60	51-52	50-56	47-51	42-46
ZrO ₂		-	-	-	13-19	-
Fe ₂ O ₃		0,7-1,5	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2
TiO ₂		1,5-1,9	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2

Density: 64, 96, 128 & 160 kg/m³ (4, 6, 8 & 10 lbs/ft³)

Specific heat: 0.27 kcal/kg °C



ANEXO 4

LANA DE VIDRIO



Rollos con/sin papel 1 cara

Rollos flexibles sin revestimiento.

Formato: ancho 0,60 y 1,20 mt / largo 5,5, 7,5, 9,6, 10, 12 mt

Espesores: 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160 mm

Densidad: 14 kg/m³

Uso: Aislación térmica y acústica de grandes superficies.

Aplicaciones: Tabiques verticales, Techos americanos, Mascardas.

Ventajas: La menor cantidad de traslapes permite disminuir la pérdida de calor, menor pérdida de material y menor costo de la instalación.

Se adapta a la superficie aislada sin dejar espacios de aire libre. Material flexible.

El papel constituye una barrera de vapor que puede evitar condensaciones en el interior del aislante.

- Alto poder de aislación térmica
- Conductividad térmica desde 0,033 a 0,045 (W/m²°C) a 20 °C
- Alta capacidad de absorción y aislación acústica
- Incombustibilidad
- Durabilidad y estabilidad dimensional
- Fácil manipulación e instalación
- No pica la piel
- No anida roedores ni otro tipo de plagas
- No es tóxico
- Resistente a la putrefacción

Calor específico aproximado (Cp)	J/kg · K	800
Resistencia al vapor de agua	---	1
Reacción al fuego	Euroclase	A1
Absorción de agua (WS)	---	No hidrófilo
Resistencia al flujo de aire (AFr)	kPa · s/m ²	> 5
Absorción acústica (AW).	esp. 40/50 mm	---
	esp. 60/75 mm	---
	esp. 100 mm	---

Calor específico aproximado (Cp)	J/kg · K	800
Resistencia al vapor de agua	---	1
Reacción al fuego	Euroclase	A1
Absorción de agua (WS)	---	No hidrófilo
Resistencia al flujo de aire (AFr)	kPa · s/m ²	> 5
Absorción acústica (AW).	esp. 40/50 mm	---
	esp. 60/75 mm	---
	esp. 100 mm	---

ANEXO 5

ACERO A36

C.+0 Propiedades físicas de los materiales

MATERIALES	Densidad Kg/m ³	Calor Esp. J/Kg°C	Conduc. W/m°C	Calor Esp. Kcal/Kg°C	Conduc. Kcal/hm°C
A					
Acero	7850	480	58	0.11	49.88
Adobe	1780		0.85		0.73
Agua (sin convección)	1000	4184	0.6	1.00	0.52
Aire (a 20°C, 1 Atm. sin convección)	1.2	1213	0.03	0.29	0.03
Alfombras y moquetas	1000	1350	0.05	0.32	0.04
Aluminio	2700	920	204	0.22	175.44
Arcilla	2100		0.93		0.80
Arcilla expandida	300		0.09		0.08



ANEXO 6

VIDRIO

UV	Kg/m ³	J/Kg°C	W/m ² C	Kcal/Kg°C	Kcal/hm ² C
Urea-formol espuma	12		0.04		0.03
Vermiculita expandida	120		0.04		0.03
Vidrio celular	160		0.04		0.03
Vidrio plano	2500	836	0.95	0.20	0.82



ANEXO 7

CARACTERÍSTICAS DE ALAMBRE NICROM

Resistividad eléctrica de las aleaciones Ni-Cr.

Aleación Ni-Cr	80-20	70-30	60-15	40-20	30-20	20-25
Resistividad eléctrica $\mu\Omega\text{cm}$						
20 °C	112	119	113	105	104	95
100 °C	113	120	114	108	107	99
200 °C	113	122	116	111	111	103
300 °C	114	123	118	114	114	107
400 °C	115	124	120	117	117	111
500 °C	116	125	122	120	120	115
600 °C	115	124	121	122	122	118
700 °C	114	124	121	124	124	120
800 °C	114	124	122	126	126	122
900 °C	114	124	123	128	128	124
1.000 °C	115	124	124	130	130	126
1.100 °C	116	125	125	132	132	126
1.200 °C	117	126	—	—	—	—
Coefficiente de resistividad						
20 °C	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
100 °C	1,009	1,009	1,009	1,028	1,029	1,042
200 °C	1,009	1,025	1,027	1,057	1,067	1,084
300 °C	1,018	1,034	1,044	1,086	1,096	1,126
400 °C	1,027	1,042	1,062	1,114	1,125	1,168
500 °C	1,036	1,050	1,080	1,143	1,154	1,210
600 °C	1,027	1,042	1,071	1,162	1,173	1,242
700 °C	1,018	1,042	1,071	1,181	1,192	1,263
800 °C	1,018	1,042	1,080	1,200	1,211	1,284
900 °C	1,018	1,042	1,089	1,219	1,231	1,305
1.000 °C	1,027	1,042	1,097	1,238	1,250	1,326
1.100 °C	1,036	1,050	1,115	1,257	1,269	—
1.200 °C	1,045	1,050	—	—	—	—

Nichrome alloys with the diameters and characteristics(1)

Dia. (mm)	Cross sectional area(mm ²)	Cr20Ni80			Cr30Ni70		
		Resistance per meter (20°C Ω/m)	Length per kg(m/kg)	Weight per Meter(kg/m)	Resistance per meter (20°C Ω/m)	Length per kg(m/kg)	Weight per Meter(kg/m)
0.10	0.007854	138.8	15158.405	0.00006597	150.2	15718.328	0.00006362
0.12	0.01131	96.38	10526.316	0.000095	104.3	10915.839	0.00009161
0.15	0.01767	61.68	6738.544	0.0001484	66.77	6988.120	0.0001431
0.17	0.0227	48.02	5243.838	0.0001907	51.99	5437.738	0.0001839
0.19	0.02835	38.44	4198.153	0.0002382	41.62	4353.505	0.0002297
0.21	0.03464	31.47	3437.607	0.0002909	34.07	3563.792	0.0002806
0.25	0.04909	22.21	2425.418	0.0004123	24.04	2515.091	0.0003976
0.27	0.05726	19.04	2079.434	0.0004809	20.61	2156.102	0.0004638
0.29	0.06605	16.5	1802.451	0.0005548	17.86	1869.159	0.000535
0.31	0.07548	14.44	1577.287	0.000634	15.63	1635.590	0.0006114
0.35	0.09621	11.33	1237.317	0.0008082	12.26	1283.203	0.0007793
0.40	0.1257	8.674	946.970	0.001056	9.39	982.318	0.001018
0.45	0.159	6.853	748.503	0.001336	7.419	776.398	0.001288
0.50	0.1963	5.551	606.428	0.001649	6.01	628.931	0.00159
0.60	0.2827	3.855	421.053	0.002375	4.173	436.681	0.00229
0.70	0.3848	2.832	309.310	0.003233	3.066	320.821	0.003117
0.80	0.5027	2.168	236.855	0.004222	2.348	245.580	0.004072
0.90	0.6362	1.713	187.126	0.005344	1.855	194.062	0.005153
1.00	0.7854	1.388	151.584	0.006597	1.502	157.183	0.006362
1.20	1.131	0.9638	105.263	0.0095	1.043	109.158	0.009161
1.40	1.539	0.7081	77.340	0.01293	0.7665	80.192	0.01247
1.60	2.011	0.5421	59.207	0.01689	0.5869	61.387	0.01629
1.80	2.545	0.4283	46.773	0.02138	0.4637	48.520	0.02061
2.00	3.142	0.347	37.893	0.02639	0.3756	39.293	0.02545
2.20	3.801	0.2867	31.319	0.03193	0.3104	32.478	0.03079
2.25	3.976	0.2741	29.940	0.0334	0.2968	31.046	0.03221
2.80	6.158	0.177	19.335	0.05172	0.1916	20.048	0.04988
3.00	7.069	0.1542	16.841	0.05938	0.1669	17.464	0.05726
3.50	9.621	0.1133	12.373	0.08082	0.1226	12.832	0.07793
4.00	12.57	0.08674	9.470	0.1056	0.0939	9.823	0.1018
4.50	15.9	0.06853	7.485	0.1336	0.07419	7.764	0.1288
5.00	19.63	0.05551	6.064	0.1649	0.0601	6.289	0.159
5.50	23.76	0.04588	5.010	0.1996	0.04967	5.198	0.1924
6.00	28.27	0.03855	4.211	0.2375	0.04173	4.367	0.229
6.50	33.18	0.03285	3.588	0.2787	0.03556	3.720	0.2688
7.00	38.48	0.02832	3.093	0.3233	0.03066	3.208	0.3117

ANEXO 8

TUBOS DE ALUMINA

ALUMINA EXTRUDED TUBING

AD-998 Round Single Bore Tubing



(RSB)

OD Inch	ID Inch	OD mm	ID mm	Part#	OD Inch	ID Inch	OD mm	ID mm	Part#
0.050	x 0.020	1.27	x 0.51	65650	0.250	x 0.156	6.35	x 3.96	65666
0.063	x 0.031	1.60	x 0.79	65651	0.250	x 0.188	6.35	x 4.78	65658
0.094	x 0.040	2.39	x 1.02	65652	0.313	x 0.188	7.95	x 4.78	65667
0.094	x 0.063	2.39	x 1.60	65682	0.313	x 0.219	7.95	x 5.56	65659
0.100	x 0.050	2.54	x 1.27	65653	0.375	x 0.250	9.53	x 6.35	65660
0.125	x 0.063	3.18	x 1.60	65654	0.438	x 0.313	11.13	x 7.95	65661
0.156	x 0.094	3.96	x 2.39	65655	0.500	x 0.250	12.70	x 6.35	65669
0.188	x 0.094	4.78	x 2.39	65665	0.500	x 0.375	12.70	x 9.53	65664
0.188	x 0.125	4.78	x 3.18	65656	0.590	x 0.394	14.98	x 10.00	65810
0.219	x 0.156	5.56	x 3.96	65657	0.590	x 0.433	14.98	x 11.00	65811
0.250	x 0.125	6.35	x 3.18	65663					

Diameter tolerance $\pm 3\%$ or $\pm 0.003^*$ (0.076 mm), whichever is greater. Straightness: $\leq 0.003^*/1.000^*$ cumulative

OD Inch	ID Inch	OD mm	ID mm	Part#	OD Inch	ID Inch	OD mm	ID mm	Part#
0.625	x 0.500	15.88	x 12.70	65677	0.750	x 0.563	19.05	x 14.30	65680
0.688	x 0.500	17.48	x 12.70	65679	0.875	x 0.625	22.23	x 15.88	65668
0.750	x 0.500	19.05	x 12.70	65662	1.000	x 0.750	25.40	x 19.05	65825



ANEXO 9

CONDUCTORES TWH

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (°)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603



ANEXO 10

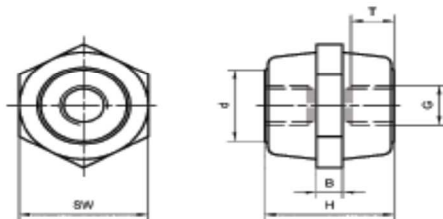
BARRAS DE ALUMINIO Y ACCESORIOS

Ancho x Espesor mm	Peso kg por metro	Material E-Cu F30 Corriente constante en A				Material E-AL Corriente constante en A			
		AC hasta 60 Hz barra		DC + AC hasta 16 2/3 Hz barra		AC hasta 60 Hz barra		DC + AC hasta 16 2/3 Hz barra	
		desnudo	pintado	desnudo	pintado	desnudo	pintado	desnudo	pintado
12 x 2	0,210	108	123	108	123	0,060	84	97	97
15 x 2	0,270	128	148	128	148	0,080	100	118	118
15 x 3	0,400	162	187	162	187	0,120	126	148	148
20 x 2	0,360	162	189	162	189	0,110	127	150	150
20 x 3	0,530	204	237	204	237	0,160	159	188	188
20 x 5	0,890	274	319	274	320	0,270	214	254	254
20 x 10	1,780	427	497	428	499	0,540	331	393	393
25 x 3	0,670	245	287	245	287	0,200	190	228	228
25 x 5	1,115	327	384	327	384	0,340	255	305	305

Soporte aislador de poliamida 1-3 kV
Con superficie de llaves para instalaciones de distribución interiores

Los soportes se fabrican de poliamida reforzada con fibra de vidrio, ignífuga y estabilizada al calor. La mezcla es libre de halógeno y de fósforo. El material destaca por buenos valores de rotura por flexión (F) y resistencias a la tracción (Z) y además se puede fabricar en un proceso

económico. Las diferencias con las ejecuciones de resina de poliéster (UPE) reforzadas de fibra de vidrio se encuentran en el comportamiento en fuego (Clase V2 con respecto a V-0) o la gama de aplicación de temperatura -25° C hasta + 120° C con respecto a -40° C hasta 130° C.



Datos técnicos

- Inflamabilidad: UL 94
 - Densidad en bruto: ISO 1183
 - Resistencia superficial: IEC 60093
 - Rigidez dieléctrica: IEC 60243
 - Resistencia a las corrientes de fuga: IEC 60/112
 - Color estándar: natural
 - Guarniciones: acero galvanizado
 - Gama de temperatura: -25° C hasta + 120° C
- Clase V2
aprox. 1,45 g/cm³
10¹⁰ Ohm·cm
25 kW/mm
CTI 550

Nº de pedido	H	SW	G	T	d	Dimensiones mm					Peso		
						B	Md/Nm	F/kN	Z/kN	D/kN	BWS/kV	PWS/kV	Kg/4 piezas
06100	18	15	M 4	8	11	4	3,3	1,1	2,2	13	1,0	5	0,60
06103	25	25	M 6	8	16	8	17	2,2	5,5	38	1,0	10	2,00
06105	30	30	M 6	8	20	8	22	2,0	6,8	40	1,5	15	3,00
06106			M 8	9			44	4,2	13,0	63			5,00
06109	35	30	M 6	8	20	8	30	3,2	10,0	50	1,5	15	5,00
06110			M 8	9			50	4,0	16,0	60			6,00
06111			M 10	9			55	4,4	20,0	66			6,00
06115	40	40	M 8	9	28	8	60	8,8	18,0	95	2,0	20	8,00
06116			M 10	14			95	10,0	28,0	100			10,00
06117			M 12	14			105	12,0	30,0	122			10,00
06120	50	40	M 8	9	28	8	60	5,5	16,0	62	3,0	25	10,00
06121			M 10	14			95	8,0	26,0	100			12,00
06122			M 12	16			105	9,5	30,0	122			14,00
06125	50	50	M 10	14	32	10	132	12,0	25,0	140	3,0	25	18,00
06126			M 12	16			220	14,0	30,0	180			19,50
06129	60	40	M 8	9	28	8	55	6,0	16,0	62	3,0	25	12,00
06130			M 10	14			90	8,0	22,0	100			14,00

SW = Ancho de llave Md = Momento de torsión F = Resistencia a la rotura por flexión
Z = Fuerza de tracción D = Fuerza de presión BWS = Tensión alterna de servicio
PWS = Tensión alterna de control

ANEXO 11

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOREDUCTOR

MOTORES GR

SOMOS UNA EMPRESA CON UNA TRAYECTORIA DE MÁS DE 50 AÑOS EN EL RUBRO EN LA ZONA DE FLORESTA, CAPITAL FEDERAL. LA COMPRA DE TODOS NUESTROS PRODUCTOS SE ENCUENTRAN AVALADOS POR SU TITULAR (INGENIERO ELÉCTRICO), QUIEN BRINDA ASESORAMIENTO INTEGRAL Y PERSONALIZADO A CADA CONSULTA EN PARTICULAR.

MOTORREDUCTOR

REDUCTOR NMRV 25
RELACION
30 :1

CUERPO 56 NORMALIZADO B34
POTENCIA :1/8 HP

VELOCIDAD: 1500
TRIFASICO
PROTECCION : IP54
IMPORTADO
MARCA ALTIUM

SE PUEDE RETIRAR DE NUESTRO LOCAL AL PUBLICO
EN LA ZONA DE FLORESTA EN C.A.B.A.
DE LUNES A VIERNES DE 8 A 16 HS
TAMBIEN HACEMOS ENVIÓS A CAPITAL FEDERAL
Y AL INTERIOR DEL PAIS. CONSULTAR COSTO ADICIONAL
TODOS LOS PRODUCTOS EN VENTA TIENEN GARANTIA 1 AÑO
EL PRECIO PUBLICADO INCLUYE IVA
EMITIMOS FACTURA A ó B

NOTA: El equipo publicado corresponde al MOT de 1/8 HP. Por otras potencias consultar precio.

POR FAVOR CONSULTE ANTES DE OFERTAR RECUERDE QUE SU OFERTA ES UN COMPROMISO DE COMPRA

http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-518788283-motorreductor-trifasico-18-hp-150050-rpm-_JM

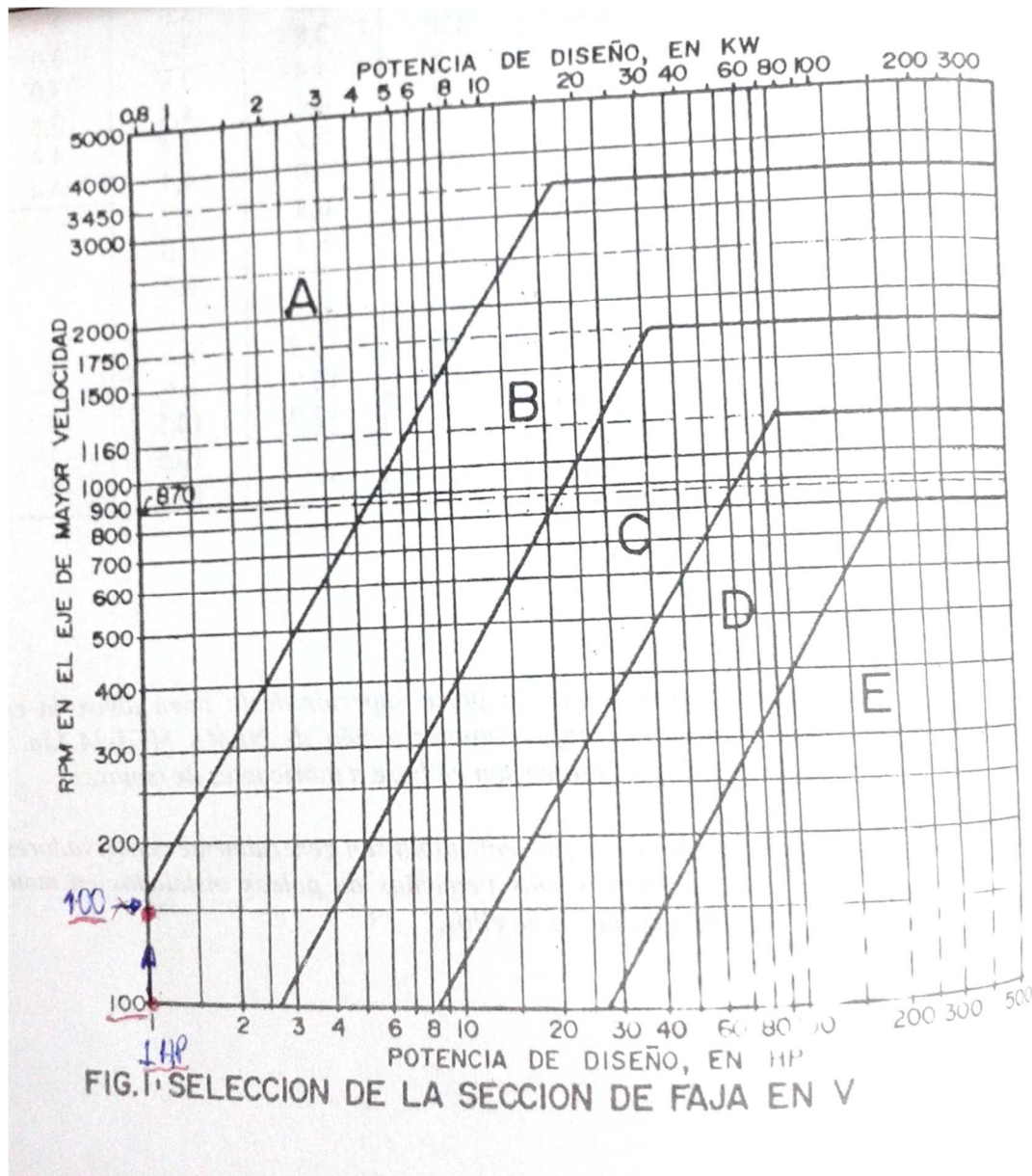
ANEXO 11

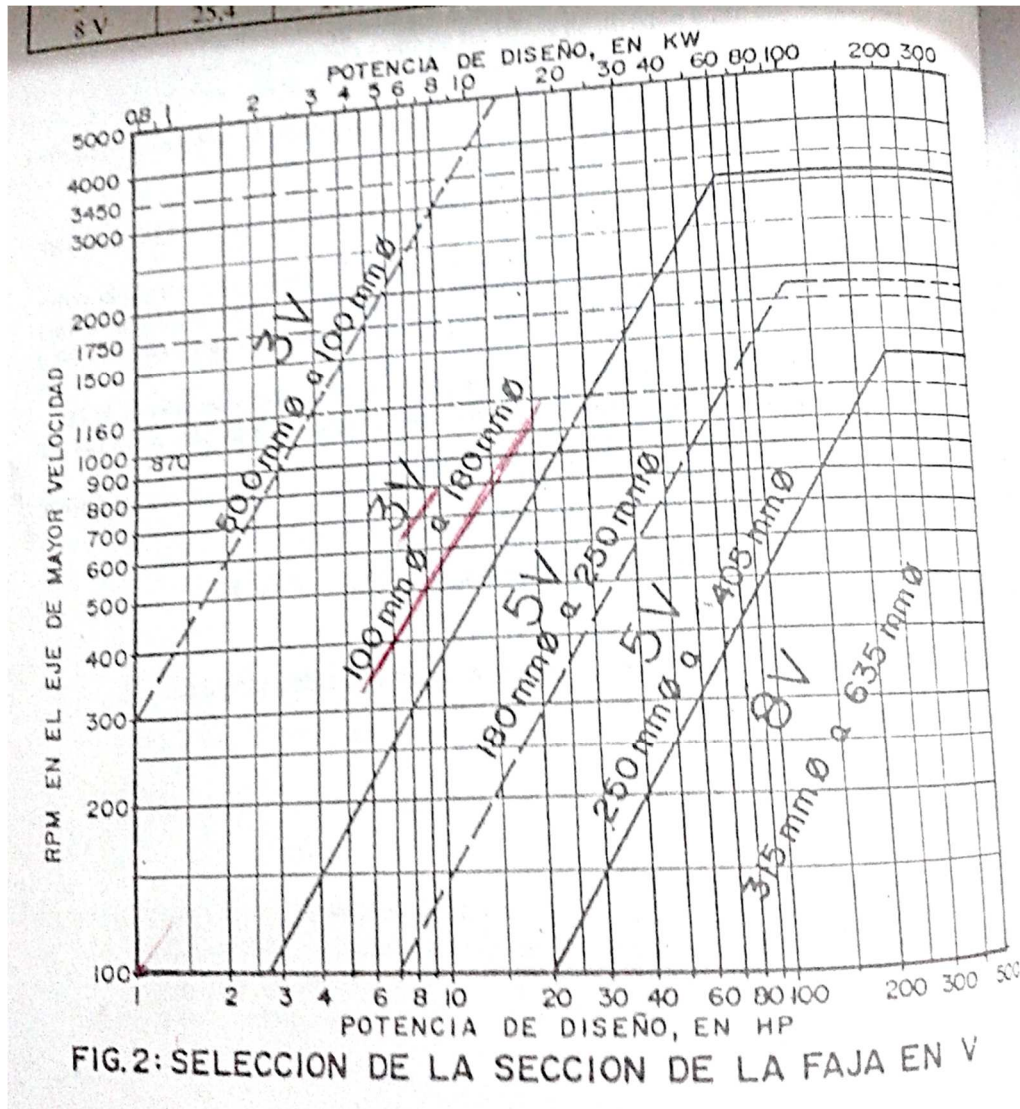
SELECCIÓN DE FAJAS EN V.

TABLA N° 1

FACTORES DE SERVICIO PARA TRANSMISION POR FAJAS EN V

MAQUINAS MOVIDAS	CLASE 1	CLASE 2
Agitadores de líquidos:	1,1	1,2
Agitadores de semilíquidos	1,2	1,3
Batidoras en la industria papelera	1,3	1,5
Bombas centrífugas	1,1	1,2
Bombas reciprocantes.....	1,3	1,5
Bombas rotativas de desplazamiento positivo	1,2	1,3
Chancadoras de mandíbula de rodillos giratorios.	1,4	1,6
Compresoras centrífugas	1,1	1,2
Compresoras reciprocantes	1,3	1,5
Cribas giratorias.....	1,3	1,5
Elevadores de cangilones	1,3	1,5
Excitadores	1,3	1,5
Extractores	1,1	1,2
Generadores	1,2	1,3
Líneas de ejes (ejes de transmisión)	1,2	1,3
Maquinaria de imprenta	1,2	1,3
Maquinarias de lavandería	1,2	1,3
Maquinaria para aserraderos	1,3	1,5
Maquinaria para fabricación de ladrillos	1,3	1,5
Maquinaria para fabricación de cauchos: calandrias, mezcladoras, extrusores	1,4	1,6
Maquinaria textil	1,3	1,5
Máquinas herramientas	1,2	1,3
Mezcladoras de masa en la industria panificadoras	1,2	1,3
Molino de barras, de bolas, de tubos	1,4	1,6
Molinos de martillos	1,3	1,5
Prensas punzadoras.....	1,2	1,3
Pulverizadores	1,3	1,5
Sopladores	1,1	1,2
Sopladores de desplazamiento positivo	1,3	1,5
Transportadores de artesas, de paletas, de tornillo	1,3	1,5
Transportadores de fajas para arenas granos, etc	1,2	1,3
Transportadores para trabajos livianos	1,1	1,2
Ventiladores hasta 10 HP	1,1	1,2
Ventiladores mayores de 10 HP	1,2	1,3
Winches, montacargas, elevadores	1,4	1,6
Zarandas vibratorias	1,2	1,3





ANEXO 12

SELECCIÓN DE CHAVETAS

CHAVETAS, ESTANDAR DIN 6885

DIÁMETRO DEL EJE (mm)		ANCRO Mm	ALTURA (mm)	
Más de	hasta		ALTA	PLANA
6	8	2	2	
8	10	3	3	
10	12	4	4	
12	17	5	5	3
17	22	6	6	4
22	30	8	7	5
30	38	10	8	6
38	44	12	8	6
44	50	14	9	6
50	58	16	10	7
58	65	18	11	7
65	75	20	12	8
75	85	22	14	9
85	95	25	14	9
95	110	28	16	10
110	130	32	18	11
130	150	36	20	12
150	170	40	22	
170	200	45	25	
200	230	50	28	
230	260	56	32	
260	290	63	32	
290	330	70	36	
330	380	80	40	
380	440	90	45	
440	500	100	5	

ANEXO 13

SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

366.56 N^o 1

RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS

RODAM N°	d mm	D mm	B mm	d _i mm	D _i mm	R mm	CAPAC. kN		RPM máx.	
							C	C ₀	Grasa	Aceite
SERIE 618										
618/4	4	9	2,5	5,4	7,5	0,3	0,355	0,156	45000	53000
5	5	11	3,0	6,8	9,2	0,3	0,444	0,216	40000	48000
6	6	13	3,5	7,9	11,1	0,3	0,630	0,315	38000	45000
7	7	14	3,5	8,9	12,2	0,3	0,695	0,355	38000	45000
8	8	16	4,0	10,1	13,9	0,4	0,930	0,510	36000	43000
9	9	17	4,0	11,1	14,9	0,4	1,02	0,560	34000	40000
61800	10	19	5,0	13	16	0,5	1,08	0,630	32000	38000
01	12	21	5,0	15	18	0,5	1,12	0,710	30000	36000
02	15	24	5,0	18	21	0,5	1,22	0,780	26000	32000
03	17	26	5,0	20,2	23	0,5	1,32	0,915	24000	30000
04	20	32	7,0	24	28	0,5	2,04	1,4	19000	24000
61805	25	37	7,0	29	33	0,5	2,28	1,70	17000	20000
06	30	42	7,0	33,8	38,2	0,5	2,28	1,80	15000	18000
07	35	47	7,0	38,8	43,2	0,5	2,36	2,00	13000	16000
08	40	52	7,0	43,8	48,2	0,5	2,45	2,20	11000	14000
09	45	58	7,0	48,7	54,3	0,5	4,65	3,80	9500	12000
61810	50	65	7,0	54,7	60,3	0,5	4,80	4,25	9000	11000
11	55	72	9,0	60,2	66,8	0,5	6,40	5,60	8500	10000
12	60	78	10	65,6	72,4	0,5	6,70	6,10	7500	9000
13	65	85	10	71,1	78,9	1,0	9,00	8,30	7000	8500
14	70	90	10	76,1	83,9	1,0	9,30	9,15	6700	800
61815	75	95	10	81,1	88,9	1,0	9,65	9,80	6300	7500
16	80	100	10	86,1	93,9	1,0	9,50	9,80	6000	7000
17	85	110	13	92,5	103	1,5	14,60	15,00	5300	6300
18	90	115	13	97,5	108	1,5	15,00	15,60	5300	6300
20	100	125	13	107	118	1,5	15,30	17,00	4800	5600
61822	110	140	16	119	131	1,5	21,60	23,60	4300	5000
24	120	150	16	129	141	1,5	22,40	25,00	3800	4500
26	130	165	18	140	156	2,0	29,00	32,50	3600	4300
28	140	175	18	151	164	2,0	30,50	35,50	3400	4000
30	150	190	20	163	178	2,0	37,50	43,00	3000	3600
61832	160	200	20	173	188	2,0	38,00	45,00	2800	3400
34	170	215	22	184	202	2,0	47,50	56,00	2600	3200
36	180	225	22	194	212	2,0	48,00	57,00	2400	3000
38	190	240	24	206	225	2,5	57,00	69,50	2200	2800
40	200	250	24	216	235	2,5	58,50	72,00	2200	2800
61844	220	270	24	236	255	2,5	60,00	78,00	1900	2400
48	240	300	28	259	282	3,0	83,00	106,0	1800	2200
52	260	320	28	279	302	3,0	85,00	114,0	1700	2000
56	280	350	33	302	329	3,0	106,0	140,0	1600	1900
60	300	380	28	326	356	3,5	132,0	173,0	1400	1700
61864	320	400	38	346	375	3,5	134,0	180,0	1300	1600
68	340	420	38	366	395	3,5	137,0	196,0	1200	1500
72	360	440	38	386	417	3,5	140,0	200,0	1100	1400
76	380	480	46	412	449	3,5	190,0	280,0	1000	1300

ANEXO 14

PARÁMETROS DE PERFILES

w = peso por pie, lb/ft
 m = masa por metro, kg/m
 A = área, pulg² (cm²)
 I = segundo momento de área, pulg⁴ (cm⁴)
 k = radio de giro, pulg (cm)
 y = distancia centroidal, pulg (cm)
 Z = módulo de sección, pulg³ (cm³)

Tamaño, pulg	w	A	I_{1-1}	k_{1-1}	Z_{1-1}	y	k_{3-3}
1 x 1 x $\frac{1}{8}$	0.80	0.234	0.021	0.298	0.029	0.290	0.191
x $\frac{1}{4}$	1.49	0.437	0.036	0.287	0.054	0.336	0.193
1½ x 1½ x $\frac{1}{8}$	1.23	0.36	0.074	0.45	0.068	0.41	0.29
x $\frac{1}{4}$	2.34	0.69	0.135	0.44	0.130	0.46	0.29
→ 2 x 2 x $\frac{1}{8}$	1.65	0.484	<u>0.190</u>	0.626	0.131	<u>0.546</u>	<u>0.398</u>
x $\frac{1}{4}$	3.19	0.938	0.348	0.609	0.247	0.592	0.391
x $\frac{3}{8}$	4.7	1.36	0.479	0.594	0.351	0.636	0.389
2½ x 2½ x $\frac{1}{4}$	4.1	1.19	0.703	0.769	0.394	0.717	0.491
x $\frac{3}{8}$	5.9	1.73	0.984	0.753	0.566	0.762	0.487
3 x 3 x $\frac{1}{4}$	4.9	1.44	1.24	0.930	0.577	0.842	0.592
x $\frac{3}{8}$	7.2	2.11	1.76	0.913	0.833	0.888	0.587
x $\frac{1}{2}$	9.4	2.75	2.22	0.898	1.07	0.932	0.584
3½ x 3½ x $\frac{1}{4}$	5.8	1.69	2.01	1.09	0.794	0.968	0.694
x $\frac{3}{8}$	8.5	2.48	2.87	1.07	1.15	1.01	0.687
x $\frac{1}{2}$	11.1	3.25	3.64	1.06	1.49	1.06	0.683
4 x 4 x $\frac{1}{4}$	6.6	1.94	3.04	1.25	1.05	1.09	0.795
x $\frac{3}{8}$	9.8	2.86	4.36	1.23	1.52	1.14	0.788
x $\frac{1}{2}$	12.8	3.75	5.56	1.22	1.97	1.18	0.782
x $\frac{5}{8}$	15.7	4.61	6.66	1.20	2.40	1.23	0.779
6 x 6 x $\frac{1}{4}$	14.9	4.36	15.4	1.88	3.53	1.64	1.19
x $\frac{3}{8}$	19.6	5.75	19.9	1.86	4.61	1.68	1.18
x $\frac{1}{2}$	24.2	7.11	24.2	1.84	5.66	1.73	1.18
x $\frac{5}{8}$	28.7	8.44	28.2	1.83	6.66	1.78	1.17

ANEXO 15

PARÁMETROS DE ESFUERZOS PERMISIBLES DE ELECTRODOS


ESFUERZOS PERMISIBLES EN CORDONES DE SOLDADURA DE FILETE REFERIDOS A LOS LADOS DEL FILETE.-

ELECTRODO	ESFUERZOS PERMISIBLES S_w (PSI)	
	AWS D2.0-69	AWS "Obsoleto"
E-60XX	12 700	9 600
E-70XX	14 800	11 100
E-80XX	17 000	12 800
E-90XX	19 100	14 400
E-100XX	21 200	16 000
E-110XX	23 300	17 600



ANEXO 16

DATOS CONTROLADOR DE TEMPERATURA PID

Comparison Chart (UT75A/UT55A/UT52A/UT35A/UT32A)						
Model			UT75A	UT55A	UT52A	UT35A
Size	1/4 DIN		✓	✓		✓
	1/8 DIN				✓	
	Depth from the panel surface (mm)		65	65	65	65
Number of Control loops	Standard (Maximum)		1(2)	1	1	1
Control Scan Period	(msec)		Choice 50/100/200	Choice 50/100/200	Choice 50/100/200	200
Display Function	Number of PV Display Digits		5	5	5	5
	Active Color PV Display Function		✓	✓	✓	✓
	Guide Scroll Display Function		✓	✓	✓	✓
	Message Display Function		✓	✓	✓	✓
	Bar graph display (Number)		✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(1)
PV Input Indication Accuracy	(% of F.S.)		0.1	0.1	0.1	0.1
PV Input Type	TC		✓	✓	✓	✓
	RTD (3-wire)		✓	✓	✓	✓
	RTD (4-wire)		✓	✓	✓	✓
	mV, V		✓	✓	✓	✓
	mA		✓	✓	✓	✓
Number of Analog Inputs	Standard (Maximum)		1(4)	1(4)	1(2)	1
Number of SPs (PIDs)	Maximum		20(16)	8	8	4
Number of Control Modes	Maximum		9	8	8	1
Number of Control Types	Maximum		8	8	8	5
Control Output	Type	Relay Contact Output, Voltage pulse output, Current output	✓	✓	✓	✓
		ON/OFF 52A	✓	✓	✓	✓
	Algorithm	PID (Continuance, Time Proportion)	✓	✓	✓	✓
		Position proportional	✓	✓	✓	✓
		Heating/cooling	✓	✓	✓	✓
Number of Analog Outputs	Standard (Maximum)		2(3)	2(3)	2(3)	2
Number of Digital Inputs	Standard (Maximum)		3(8)	3(9)	3(5)	2(7)
Number of Alarms			8	8	8	4
Number of Digital Outputs	Standard (Maximum)		3(8)	3(18)	3(5)	3(8)

	mV, V	✓	✓	✓	✓	
	mA	✓	✓	✓	✓	
Number of Analog Inputs	Standard (Maximum)	1(4)	1(4)	1(2)	1	
Number of SPs (PIDs)	Maximum	20(16)	8	8	4	
Number of Control Modes	Maximum	9	8	8	1	
Number of Control Types	Maximum	8	8	8	5	
Control Output	Type	Relay Contact Output, Voltage pulse output, Current output	✓	✓	✓	✓
	Algorithm	ON/OFF 52A	✓	✓	✓	✓
		PID (Continuance, Time Proportion)	✓	✓	✓	✓
		Position proportional	✓	✓	✓	✓
		Heating/cooling	✓	✓	✓	✓
Number of Analog Outputs	Standard (Maximum)	2(3)	2(3)	2(3)	2	
Number of Digital Inputs	Standard (Maximum)	3(8)	3(9)	3(5)	2(7)	
Number of Alarms		8	8	8	4	
Number of Digital Outputs	Standard (Maximum)	3(8)	3(18)	3(5)	3(8)	

Communication	RS-485 communication (Maximum)	✓(2)	✓(2)	✓(1)	✓(1)	
	Ethernet communication	✓	✓		✓	
	Open Network (CC-Link/PROFIBUS-DP/DeviceNet)	✓	✓		✓	
Various Function	Quick Setting Function	✓	✓	✓	✓	
	Split Computation Output Function	✓	✓	✓		
	Ratio and Square Root Extraction Function	✓	✓	✓		
	Remote SP Function	✓	✓	✓		
	24 V DC Loop Power Supply Function		✓	✓	✓	
	Heater Break Alarm Function		(Standard type)	(Standard type)	(Standard type or Heating/cooling type)	
Ladder Sequence Function	(Number of max. steps)	✓(1000)	✓(500)	✓(500)	✓(300)	
Other specifications	Power Supply	AC100 V to 240 V	✓	✓	✓	✓
		AC/DC 24 V	✓	✓	✓	✓
	Dust and waterproof Level of Front Panel	NEMA4 *1 (IP66)	NEMA4 *1 (IP66)	NEMA4 *1 (IP66)	NEMA4 *1 (IP66)	
	Via Light-loader Communication	✓	✓	✓	✓	

	Configuration Tool	Via Maintenance Port Communication	✓	✓	✓	✓
		Via RS-485/Ethernet communication	✓/✓	✓/✓	✓/-	✓/✓

The table above includes specifications of the standard models only.

* 1: Hose down test only.

Input Range

Input type	
TC	K, J, T, B, S, R, N, E, L, U, W PL-2, PR20-40, W97Re3-W75Re25
RTD	JPt100, Pt100
DC Voltage	0.4 to 2.0 V, 1.0 to 5.0 V, 0.0 to 2.0 V, 0 to 10 V, -10 to 20 mV, 0 to 100 mV
DC Current	4 to 20 mA, 0 to 20 mA



ANEXO 17

CARACTERÍSTICAS PT100

<p>Screw-in RTD Temperature Probe with Connector According to DIN EN 175301 (902044)</p>  <ul style="list-style-type: none"> ● For temperatures from -50 to +260 °C ● Vibration-resistant construction ● Plug connector locked against contact, protection type IP65 ● Available with transmitter ● GL approval for basic types 902044/20 and 902044/21 (max. insertion length 200 mm) 	<p>Screw-in RTD Temperature Probe with Connecting Cable (902050)</p>  <ul style="list-style-type: none"> ● For temperatures between -50 to +400 °C ● As single or double RTD temperature probe ● In two-wire circuit, three-wire circuit, or four-wire circuit ● Connecting cable PVC, silicone, PTFE, metal braiding
<p>RTD Temperature Probe for Devices and Plants Tested According to DIN EN 14597 (902006)</p>  <ul style="list-style-type: none"> ● For heat conducting systems according to DIN 4754 ● For temperatures of up to 700 °C ● As single, double, or triple RTD temperature probes ● For water, oil, or air ● For tested control and limitation devices 	<p>Screw-in Melt RTD Temperature Probe (902090)</p>  <ul style="list-style-type: none"> ● For temperatures from -50 to +400 °C ● Various probe tips available ● Protection tube and probe tip in stainless steel ● Ceramic insulated probe tip ● In two-wire circuit, three-wire circuit, or four-wire circuit ● For application in the plastics industry
<p>Push-in RTD Temperature Probe with Form B Terminal Head (902120)</p>	<p>JUMO Etemp B Push-in RTD Temperature Probe with Terminal Head Form B for Standard Applications (902123)</p>



ANEXO 18

CARACTERÍSTICAS VARIADOR DE VELOCIDAD

MICROMASTER 420 – Technical Data

Voltage and power ranges	200-240 V, $\pm 10\%$, 1 AC, 0.12 to 3 kW (0.16 to 4 HP)
	200-240 V, $\pm 10\%$, 3 AC, 0.12 to 5.5 kW (0.16 to 7.5 HP)
	380-480 V, $\pm 10\%$, 3 AC, 0.37 to 11 kW (0.5 to 15 HP)
Types of control	FCC (Flux Current Control), multipoint characteristic (parameterizable V/f characteristic), V/f characteristic

