

# **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA,  
MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA**



**“DISEÑO DE PLANTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
UTILIZANDO RESIDUOS COMUNES SOLIDOS Y HOSPITALARIOS DE  
LA COMUNIDAD, CON TRATAMIENTO DE GASES GENERADOS”**

**Tesis presentada por el Bachiller:  
PINEDA ARIZACA, VÍCTOR HUGO**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2016**

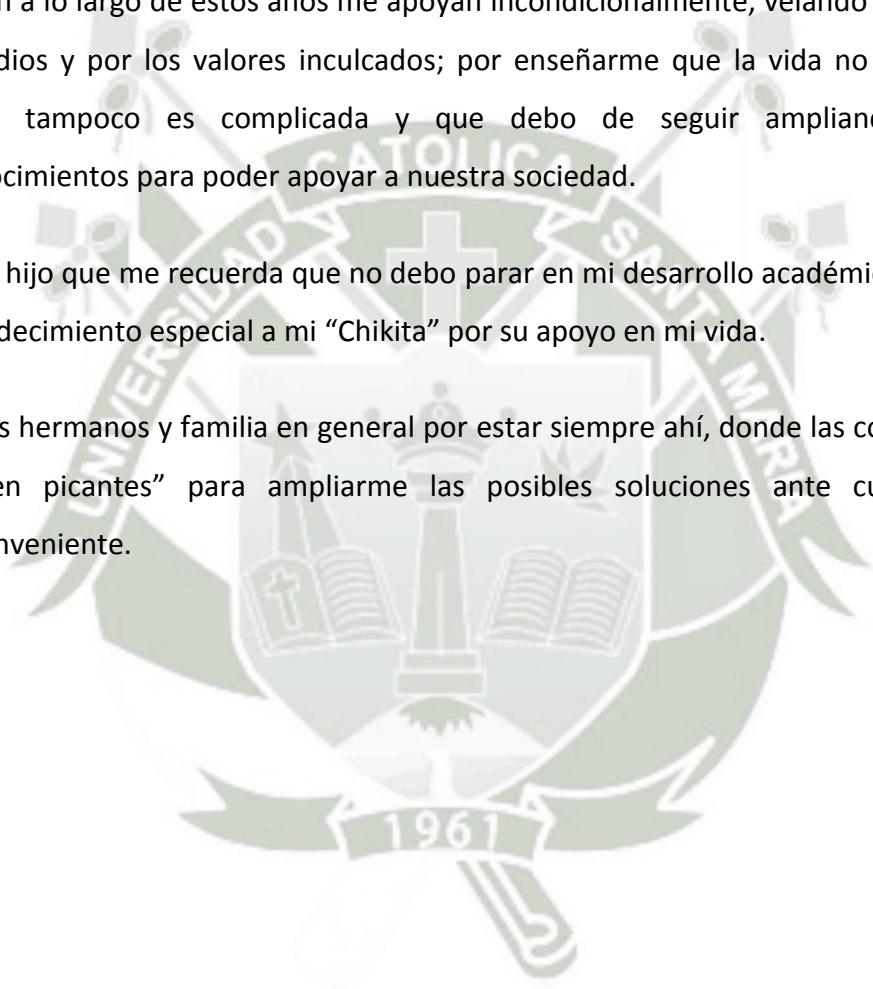
## DEDICATORIA

Ante todo, dedico este trabajo a Dios por ser el amigo incondicional que ha estado en los momentos difíciles de las etapas de mi vida, por ser la energía para seguir caminando y recordarme que siempre hay un mañana y que debemos de comenzar de cero para tener un mejor futuro.

Para mis Padres Rolando Clemente Pineda Céspedes, Bertha Arizaca Huayhua quien a lo largo de estos años me apoyan incondicionalmente, velando por mis estudios y por los valores inculcados; por enseñarme que la vida no es fácil pero tampoco es complicada y que debo de seguir ampliando mis conocimientos para poder apoyar a nuestra sociedad.

A mi hijo que me recuerda que no debo parar en mi desarrollo académico. Y un agradecimiento especial a mi “Chikita” por su apoyo en mi vida.

A mis hermanos y familia en general por estar siempre ahí, donde las cosas “se ponen picantes” para ampliarme las posibles soluciones ante cualquier inconveniente.



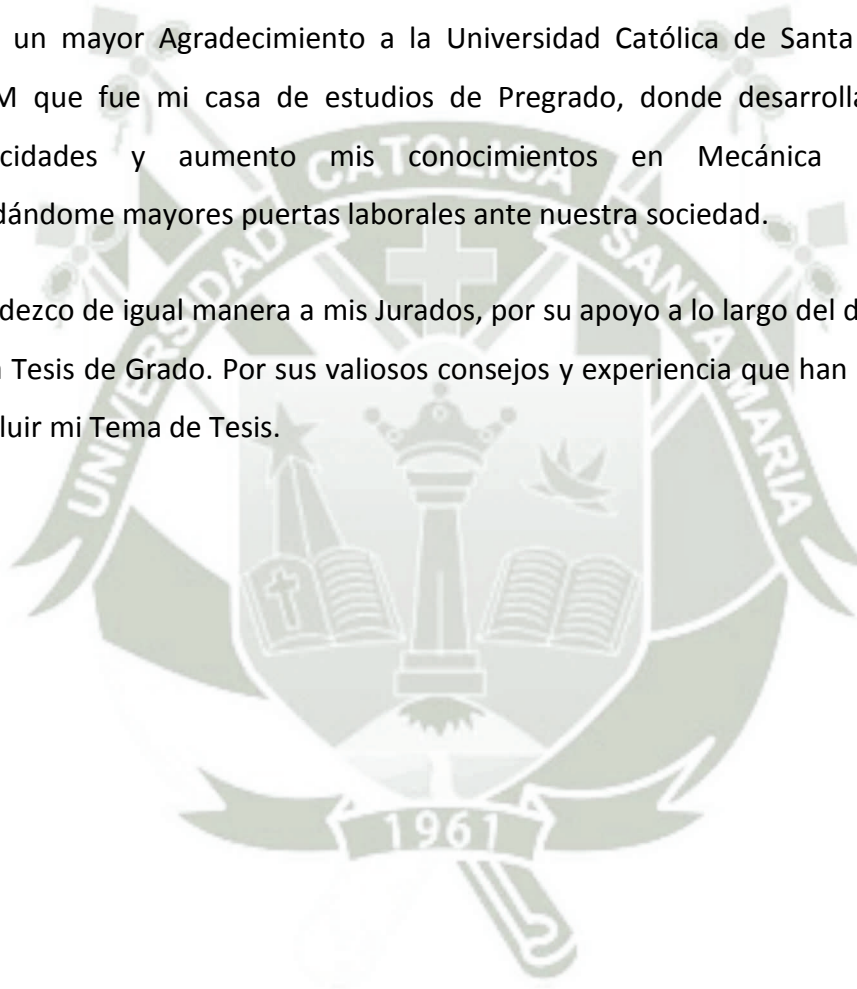
## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme unos Padres excelentes en toda magnitud, que me supieron inculcar valores, respeto a los demás y por incentivar me a desarrollarme intelectualmente.

Deseo agradecer al Instituto TECSUP, que fue donde comenzó mi desarrollo profesional y mi gusto por la Mecánica Eléctrica.

Pero un mayor Agradecimiento a la Universidad Católica de Santa María – UCSM que fue mi casa de estudios de Pregrado, donde desarrollaron mis capacidades y aumento mis conocimientos en Mecánica Eléctrica, brindándome mayores puertas laborales ante nuestra sociedad.

Agradezco de igual manera a mis Jurados, por su apoyo a lo largo del desarrollo de la Tesis de Grado. Por sus valiosos consejos y experiencia que han llevado a concluir mi Tema de Tesis.



## ÍNDICE

LISTA DE ANEXOS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABLAS.....	XIII
LISTA DE CUADROS.....	XIV
ABREVIATURAS .....	XVI
GLOSARIO DE TERMINOS .....	XVII
RESUMEN.....	XIX

### CAPITULO I PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....	2
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. DELIMITACIONES.....	3
1.2.1. Delimitaciones.....	3
1.2.1.1. Delimitación Especial .....	3
1.2.1.2. Delimitación Temporal.....	3
1.2.1.3. Delimitación Social.....	3
1.2.1.4. Delimitación Conceptual.....	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. Problema Principal .....	3
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.4.1. Objetivo General .....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.6. VARIABLES .....	5
1.6.1. Variable Independiente.....	5
1.6.2. Variable Dependiente.....	5
1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.8. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.9. PRESUPUESTO .....	5

## CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.	MARCO TEÓRICO .....	8
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
2.2.	MARCO LEGAL .....	9
2.3.	SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PERÚ .....	11
2.3.1.	Importancia Del Sector Eléctrico .....	11
2.3.2.	Abastecimiento De Energía En El Sistema De Transmisión .....	11
2.3.3.	Máxima Demanda .....	13
2.3.4.	Balance Oferta Y Demanda .....	13
2.4.	RESIDUOS COMUNES.....	15
2.5.	RESIDUOS HOSPITALARIOS.....	16
2.6.	TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS HOSPITALARIOS .....	17
2.6.1.	Recolección Externa: .....	18
2.6.2.	Disposición Temporal .....	18
2.6.3.	Criterios Para La Selección Del Tipo De Tratamiento .....	21
2.6.4.	Esterilización Por Autoclaves.....	22
2.6.4.1.	Descripción del Funcionamiento.....	22
2.6.4.2.	Especificaciones técnicas del equipo .....	22
2.6.4.3.	Aspectos técnico-operativos .....	22
2.6.5.	Relleno Sanitario - Enterramiento Controlado.....	25
2.6.5.1.	Descripción del Funcionamiento.....	25
2.6.5.2.	Aspectos técnico-operativos .....	25
2.6.6.	Desinfección Por Microondas.....	26
2.6.6.1.	Descripción del Funcionamiento.....	26
2.6.6.2.	Especificaciones técnicas del equipo .....	27
2.6.6.3.	Aspectos técnico-operativos .....	27
2.6.7.	Incineración De Residuos Sólidos Hospitalarios.....	30
2.6.7.1.	Descripción del Funcionamiento.....	30
2.6.7.2.	Especificaciones técnicas del equipo .....	30
2.6.7.3.	Aspectos técnico-operativos .....	31

2.6.7.4.	Emisiones Generadas Por El Proceso De Incineración.....	32
2.6.7.4.1.	Material Particulado.....	32
2.6.7.4.2.	Metales.....	33
2.6.7.4.3.	Gases Ácidos.....	34
2.6.7.4.4.	Óxidos de nitrógeno.....	34
2.6.7.4.5.	Monóxido de carbono.....	35
2.6.7.4.6.	Compuestos orgánicos.....	35
2.6.7.4.7.	Otros contaminantes en los desechos hospitalarios.....	36
2.7.	SISTEMAS DE DEPURACIÓN DE GASES.....	37
2.7.1.	Filtros de mangas.....	37
2.7.2.	Filtros electrostáticos (precipitadores o electro filtros).....	38
2.7.3.	Ciclones.....	38
2.7.4.	Lavadores de gases.....	38
2.7.4.1.	Sistema seco.....	38
2.7.4.2.	Sistema húmedo.....	39
2.7.4.3.	Sistema Semi seco.....	39
2.7.5.	Filtros de carbón activo.....	39
2.8.	POBLACIÓN DE AREQUIPA.....	40
2.8.1.	Analizando la Población de Arequipa.....	41
2.8.2.	Aumento de Población por Turismo.....	42
2.9.	RESUMEN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.....	43

**CAPITULO III  
CÁLCULOS JUSTIFICADOS**

3.	CÁLCULOS JUSTIFICADOS.....	41
3.1.	PLANTEAMIENTO DE LA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON RESIDUOS SOLIDOS.....	41
3.2.	CALCULO DEL PODER CALORÍFICO DE LOS RSC.....	51
3.2.1.	Composición Química de los Residuos.....	52
3.3.	DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.....	53
3.4.	CALCULO DE GENERACIÓN DE RSC Y ÁREA DE ACOPIO PARA LOS RSC.....	55
3.5.	CALCULO DE CAPACIDAD DE PULPO DE ARRASTRE.....	56

3.6.	CALCULO DE PUENTE GRÚA .....	58
3.7.	CALCULO DE TOLVA DE ALIMENTACIÓN .....	61
3.8.	CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL INCINERADOR.....	62
3.8.1.	Flujo Másico de Aire .....	62
3.8.2.	Diagrama de Combustión.....	62
3.8.2.1.	Potencia del Incinerador .....	62
3.8.2.2.	Variación de la Potencia del Incinerador .....	63
3.8.2.3.	Variación del PCI .....	63
3.8.2.4.	Variación de la Alimentación de RSC .....	64
3.8.2.5.	Diagrama de Combustión.....	64
3.9.	DISEÑO DE LA PLANTA DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	65
3.9.1.	Ciclo de Vapor.....	65
3.9.2.	Planteamiento de Hipótesis para el desarrollo de los Cálculos Justificados .....	65
3.9.3.	Diagrama del Ciclo Térmico.....	66
3.9.4.	Grafico Entalpía VS. Entropía .....	67
3.9.5.	Cálculo de los Puntos identificados en el Ciclo Térmico .....	67
3.9.6.	Cuadro Resumen .....	71
3.9.7.	Cálculo del Flujo Másico .....	71
3.9.7.1.	Flujo Másico de Vapor (mv) .....	72
3.9.7.2.	En el Pre calentador .....	72
3.9.7.3.	En el Desgasificador .....	72
3.9.8.	Trabajo de la Turbina.....	73
3.9.9.	Potencia que entrega el Generador Eléctrico .....	73
3.9.10.	Calor Extraído en el Condensador.....	73
3.9.10.1.	En el caso de Utilizar una Torre de Enfriamiento .....	74
3.9.10.2.	Potencia de la Bomba de Recirculación .....	74
3.9.11.	Trabajo de las Bombas Hidráulicas .....	75
3.9.11.1.	Bomba Agua de Alimentación.....	75
3.9.11.2.	Bomba Extracción del Condensador .....	75
3.9.12.	Consumo Especifico de Vapor (CEV).....	75

3.9.13.	Consumo Especifico del Combustible (CEC) .....	75
3.9.14.	Eficiencia del Ciclo .....	76
3.9.15.	Eficiencia de la Planta.....	76
3.9.16.	Selección de la Turbina de Vapor.....	76
3.10.	TRATAMIENTO DE GASES GENERADOS.....	78
3.10.1.	Cantidad de Material a Filtrar en el Ciclón .....	78
3.10.2.	Selección del Ciclón.....	79
3.10.2.1.	Seleccionamos el Modelo .....	79
3.10.2.2.	Seleccionando el Modelo .....	80
3.10.3.	Cantidad de Cal .....	80
3.11.	CALCULO DEL TECHO INDUSTRIAL .....	81
3.11.1.	Área del Techo .....	82
3.11.2.	Carga Muerta (D).....	83
3.11.2.1.	Cobertura .....	83
3.11.3.	Carga Viva (L).....	84
3.11.3.1.	Carga Viva por Techo (Lr) .....	84
3.11.3.2.	Carga por Nieve en Techo(S).....	84
3.11.3.3.	Carga por Viento en Techo (Wv).....	85
3.11.3.3.1.	Velocidad del Viento (Vh).....	85
3.11.3.3.2.	Carga Exterior de Viento .....	85
3.11.3.4.	Carga por Sismo (E) .....	88
3.11.3.5.	Carga por Fuerza Térmica .....	88
3.11.3.6.	Resumen de Cargas en el Techo Estructural.....	88
3.11.3.7.	Carga Ultima (U).....	88
3.11.4.	Cálculo de Costanera de Techo.....	89
3.11.4.1.	Carga por Espacio entre correas: .....	89
3.11.4.2.	Selección del Perfil para la Costanera de Techo .....	90
3.11.5.	Cálculo de Viga para Tijeral.....	92
3.11.5.1.	Selección del Perfil para el Tijeral .....	93
3.11.6.	Cálculo de Columna y Viga para el Puente Grúa.....	94

3.11.6.1.	Carga Puente Grúa .....	94
3.11.6.2.	Carga Viva por Móviles (CVM) .....	95
3.11.6.3.	Cálculo de la Columna .....	96
3.11.6.4.	Cálculo de la Viga Carrilera .....	99
3.11.6.4.1.	Selección del Perfil para el Tijeral .....	100
3.11.7.	Cálculo de los Templadores de Techo.....	101
3.11.8.	Resumen de Perfiles.....	102
3.11.9.	Análisis Estructural .....	102
3.11.9.1.	Modelado de la Estructura.....	103
3.11.9.2.	Aplicación de Cargas .....	103
3.11.9.3.	Resultados de Simulación .....	104
3.11.9.3.1.	Fuerzas – Fx .....	104
3.11.9.3.2.	Fuerzas – Fy .....	104
3.11.9.3.3.	Fuerzas – Fz .....	105
3.11.9.3.4.	Momento – Mx.....	105
3.11.9.3.5.	Momento – My.....	106
3.11.9.3.6.	Momento – Mz.....	106
3.11.9.3.7.	Esfuerzo Axial .....	106
3.11.9.3.8.	Desplazamiento .....	107
3.11.9.3.9.	Fuerza y Pares de Reacción en restricciones.....	107
3.11.9.3.10.	Resumen de Resultados Estáticos .....	109
3.11.9.3.11.	Resultados de Análisis Estructural.....	109

#### CAPITULO IV

#### ASPECTOS ECONÓMICOS

4.	ASPECTOS ECONÓMICOS .....	105
4.1.	COSTO DE INSTALACIÓN.....	105
4.2.	INGRESOS POR GENERACIÓN .....	106
4.3.	COSTO ADMINISTRATIVOS .....	106
4.4.	PLANTEAMIENTO DEL FLUJOS DE CAJA - ESCENARIOS .....	107
4.4.1.	Asumiendo toda la Inversión de Instalación – Al Contado .....	107
4.4.2.	Asumiendo un Préstamo Bancario del 100% de la Inversión de Instalación ....	108
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>111</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>113</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>115</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>118</b>

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 01:</b> Implementos para la Manipulación de Materiales.....	119
<b>Anexo 02:</b> Grúas de Residuos.....	124
<b>Anexo 03:</b> Turbinas de Vapor, Alternador y Transformador Industriales. ....	128
<b>Anexo 04:</b> Ciclones Industriales .....	142
<b>Anexo 05:</b> MSDS Oxido de Calcio – CaO .....	150
<b>Anexo 06:</b> Diagrama de Mollier – Agua .....	156
<b>Anexo 07:</b> Costo de la Energía Eléctrica en Perú .....	158
<b>Anexo 08:</b> Costo de Central de Generación Eléctrica .....	160
<b>Anexo 09:</b> Cobertura del Techo Estructural.....	162
<b>Anexo 10:</b> Perfil Z – Aceros Comerciales.....	165
<b>Anexo 11:</b> Tubo Estructural Rectangular - AISC.....	167
<b>Anexo 12:</b> Columna W - AISC .....	170
<b>Anexo 13:</b> Viga W - AISC.....	173
<b>Anexo 14:</b> Perfil Redondo – Aceros Comerciales.....	176
<b>Anexo 15:</b> Planos de la Planta de RSC.....	179
<b>Anexo 16:</b> Planos de la Estructura Metálica .....	182

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura N°01</b> – Generación de Energía Eléctrica .....	12
<b>Figura N°02</b> – Demanda máxima del SEIN 2004 – 2013 (MW) .....	13
<b>Figura N°03</b> – Balance de Oferta y Demanda en el SEIN 2004 – 2013 (MW).....	14
<b>Figura N°04</b> – Almacén General de los Residuos Hospitalarios .....	20
<b>Figura N°05</b> – Almacén General de los Residuos Hospitalarios .....	20
<b>Figura N°06</b> – Disposición Final de Residuos Hospitalarios.....	20
<b>Figura N°07</b> – Horno Autoclave .....	24
<b>Figura N°08</b> – Esterilización de Residuos.....	24
<b>Figura N°09</b> – Triturador de Residuos Solidos .....	24
<b>Figura N°10</b> – Residuos Sólidos Triturados.....	25
<b>Figura N°11</b> – Relleno Sanitario.....	26
<b>Figura N°12</b> – Desinfección por Microondas para el tratamiento de Residuos Sólidos Hospitalarios .....	29
<b>Figura N°13</b> – Modelo de Horno Rotatorio .....	32
<b>Figura N°14</b> – Evolución Demográfica de Arequipa .....	43
<b>Figura N°15</b> – Planta de Generación de Energía Eléctrica con RSC.....	41
<b>Figura N°16</b> – Rampa de descarga de RSC.....	42
<b>Figura N°17</b> – Primeros silos de recepción de RSC.....	42
<b>Figura N°18</b> – Faja Transportadora de clasificación de RSC .....	43
<b>Figura N°19</b> – Silos de Acopio de RSC.....	44
<b>Figura N°20</b> – Puente Grúa especial para RSC.....	44
<b>Figura N°21</b> – Tolva de Alimentación de RSC .....	45

<b>Figura N°22</b> – Incinerador & Caldero.....	45
<b>Figura N°23</b> – Representación de la Turbina de Vapor .....	46
<b>Figura N°24</b> – Turbina de Vapor acoplada al reductor de velocidad. ....	46
<b>Figura N°25</b> – Representación del Generador Eléctrico.....	47
<b>Figura N°26</b> – Generador Eléctrico – SGEN6-100A-2P. ....	47
<b>Figura N°27</b> – Representación del Transformador de Potencia.....	48
<b>Figura N°28</b> – Transformador de Potencia – GEAFOL .....	49
<b>Figura N°29</b> – Equipo de Tratamiento de Gases Generados .....	49
<b>Figura N°30</b> – Sala de Control Eléctrico.....	49
<b>Figura N°31</b> – Oficinas Administrativas .....	50
<b>Figura N°32</b> – Taller de mantenimiento Mecánico y Eléctrico.....	50
<b>Figura N°33</b> – Nace Industrial – Estructura metálica.....	50
<b>Figura N°34</b> – Pulpo de 4 garras .....	57
<b>Figura N°35</b> – Puente Grúa con Garras Semi cerrados.....	60
<b>Figura N°36</b> – Altura de Puente Grúa con Garras Semi cerrados.....	60
<b>Figura N°37</b> – Diagrama de Combustión .....	64
<b>Figura N°38</b> – Ciclo de Generación de Vapor .....	65
<b>Figura N°39</b> – Identificación de Puntos en el Ciclo de Generación .....	66
<b>Figura N°40</b> – Grafica de Entalpia vs. Entropía.....	67
<b>Figura N°41</b> – Derivación de Flujo másico .....	71
<b>Figura N°42</b> – Calor extraído en el Condensador .....	73
<b>Figura N°43</b> – Turbina de Vapor Industrial – SST 150.....	77
<b>Figura N°44</b> – Modelos de Ciclón Industrial NEDERMAN.....	79
	XI

<b>Figura N°45</b> – Esquema básico de la Estructura Metálica .....	81
<b>Figura N°46</b> – Modelo del Tijeral .....	82
<b>Figura N°47</b> – Planteamiento de Correas de techo .....	83
<b>Figura N°48</b> – Cobertura PV-6 .....	84
<b>Figura N°49</b> – Representación de cargas en la columna .....	96
<b>Figura N°50</b> – Modelado de la Estructura Metálica .....	103
<b>Figura N°51</b> – Aplicación de Cargas en la Estructura.....	104



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla N°01</b> – Tabla de Garra semi cerrados del Fabricante LIEBHERR .....	57
<b>Tabla N°02</b> – Tabla de Puentes Grúa del Fabricante GH.....	59
<b>Tabla N°03</b> – Modelos de Turbina de Vapor Industriales .....	77
<b>Tabla N°04</b> – Modelos del Ciclón Industrial MJB .....	80



## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro N°01</b> – Presupuesto de la Tesis .....	6
<b>Cuadro N°02</b> – Generación de Residuos Comunes: .....	15
<b>Cuadro N°03</b> – Generación de Residuos por Región.....	15
<b>Cuadro N°04</b> – Generación diaria de Residuos Hospitalarios .....	17
<b>Cuadro N°05:</b> Ventajas y Desventajas de las Tecnologías de Tratamiento para RSC .....	37
<b>Cuadro N°06</b> – Magnitud Y Crecimiento Poblacional .....	40
<b>Cuadro N°07</b> – Población Censada Urbana, Según Departamento .....	41
<b>Cuadro N°08</b> – Arequipa: Superficie, población y Densidad Poblacional 2014 .....	42
<b>Cuadro N°09</b> – Turistas en la Ciudad de Arequipa en el año 2014 .....	42
<b>Cuadro N°10</b> – Generación de Residuos Comunes .....	43
<b>Cuadro N°11</b> – Generación de Residuos por Región.....	44
<b>Cuadro N°12</b> – Composición física de los residuos .....	51
<b>Cuadro N°13</b> – Humedad de los residuos Sólidos.....	52
<b>Cuadro N°14</b> – Densidad de los Residuos Sólidos.....	53
<b>Cuadro N°15</b> – Generación de Residuos Sólidos en Arequipa .....	55
<b>Cuadro N°16</b> – Cuadro resumen del Cálculo de Entalpías .....	71
<b>Cuadro N°17</b> – Resumen de Cargas a aplicar en el Techo estructural.....	88
<b>Cuadro N°18</b> – Alternativas de selección de Perfil Z.....	91
<b>Cuadro N°19</b> – Selección de Perfil Z.....	91
<b>Cuadro N°20</b> – Alternativa de Selección de Perfil Tubo Estructural .....	94
<b>Cuadro N°21</b> – Selección de Perfil Tubular Estructural.....	94
<b>Cuadro N°22</b> – Alternativa de selección de Viga W .....	100

<b>Cuadro N°23</b> – Selección de Viga W.....	101
<b>Cuadro N°24</b> – Selección de Perfil Redondo .....	102
<b>Cuadro N°25</b> – Resumen de Perfiles Seleccionados .....	102
<b>Cuadro N°26</b> – Costos Administrativos .....	106
<b>Cuadro N°27</b> – Flujo de Caja – Inversión al Contado .....	107
<b>Cuadro N°28</b> – Plan mensual de Cuotas en miles de \$ .....	108
<b>Cuadro N°29</b> – Flujo de Caja – Préstamo Bancario .....	109



## ABREVIATURAS

<i>COES</i>	<i>Comité de Operación Económica del Sistema</i>
<i>CONAM</i>	<i>Consejo Nacional del Ambiente</i>
<i>DIGESA</i>	<i>Dirección General de Salud Ambiental</i>
<i>EESS</i>	<i>Establecimiento de Salud</i>
<i>EPSRS</i>	<i>Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos</i>
<i>FEES</i>	<i>Proceso Estable y Flujo Estable</i>
<i>FONAM</i>	<i>Fondo Nacional del Ambiente</i>
<i>FOSE</i>	<i>Fondo de Compensación Social Eléctrica</i>
<i>GIRS</i>	<i>Gestión Integral de Residuos Sólidos</i>
<i>GRA</i>	<i>Gerencia Regional de Arequipa</i>
<i>INEI</i>	<i>Instituto Nacional de Estadística e Informática</i>
<i>IPEN</i>	<i>Instituto Peruano de Energía Nuclear</i>
<i>MEF</i>	<i>Ministerio de Economía y Finanzas</i>
<i>MINAM</i>	<i>Ministerio del Ambiente</i>
<i>MINEM</i>	<i>Ministerio de Energía y Minas</i>
<i>MINSA</i>	<i>Ministerio de Salud del Perú</i>
<i>OEFA</i>	<i>Organismo de Evaluación y Fiscalización</i>
<i>PETRAMAS</i>	<i>Peruanos Trabajando por un Medio Ambiente Saludable</i>
<i>PIGARS</i>	<i>Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos</i>
<i>PLANAA</i>	<i>Plan Nacional de Acción Ambiental</i>
<i>RRSS</i>	<i>Residuos Sólidos</i>
<i>SEIN</i>	<i>Sistema Eléctrico Interconectado Nacional</i>
<i>TIR</i>	<i>Tasa Interna de Retorno</i>
<i>VAN</i>	<i>Valor Actual Neto</i>

GLOSARIO DE TERMINOS

$A_{techo}$	Área de Techo
$Cant_{cobertura}$	Cantidad de Unidades de cobertura
$P_{PG}$	Carga puente grúa
$P_{cobertura}$	Peso de la Cobertura
$P_{pañó}$	Peso por paño
$Pu_{correa}$	Carga por espacio entre correas
CEC	Calor Especifico del Combustible
CEV	Calor Específico de Vapor
CVM	Carga viva por móviles
D	Carga muerta
E	Carga por sismo
Fu	Resistencia mínima a la Tensión
Fy	Esfuerzo mínimo de Fluencia
h	Entalpia (kJ/kg)
H	Altura (m)
L	Carga Viva
Lr	Carga viva de Techo
m	Flujo Másico (kg/seg)
$\eta$	Eficiencia
P	Presión(bar)
PC	Poder Calorífico
PCI	Poder calorífico Inferior
PCS	Poder calorífico Superior
Pot.	Potencia (w)
Pot. incinerador	Potencia del Incinerador
Q	Calor
RSC	Residuos Sólidos Comunes
RSC Alimentación	Alimentación de Residuos Sólidos Comunes
RSC generación	Generación de Residuos Sólidos Comunes
S	Entropía (
S	Carga por Nieve
T	Temperatura (°C)
T	Tensión en el templador
U	Carga Ultima
V	Volumen (m <sup>3</sup> /kg)
Vh	Velocidad del viento a una altura h
Vol. Acopio	Volumen de Acopio
Vol. aire min.	Volumen de Aire Mínimo
Vol. aire requerido	Volumen de Aire Requerido
w	Trabajo
Wv	Carga por viento en techo
Ad	Área del Templador
Ag	Área mínima
An	Sección neta

## RESUMEN

El presente Proyecto pretende ofrecer una alternativa para poder Generar Energía Eléctrica aprovechando los Residuos Sólidos (RRSS) y Hospitalarios, lo que nos llevaría a poder aumentar la Potencia Generada de Energía en el País.

Para lo cual se aprovechará el calor generado por la incineración de estos residuos para poder generar Energía Eléctrica mediante un Ciclo Rankine. Y por lo tanto se buscó información de la Generación de Residuos Sólidos Comunes y hospitalarios en la Ciudad de Arequipa.

Para los cálculos se toma como muestra la ciudad de Arequipa que presenta más de Un millón de Habitantes y que generan en Promedio 0.547 Kg/hab./día; lo que nos da más 600 Ton/día de residuos Generados.

Los residuos llegarán a la Planta, donde serán clasificados en materia orgánica e inorgánica. Pasado este filtro será acopiado la materia orgánica en silos.

Mediante un puente grúa con Garras de Arrastre se alimentará los residuos a una tolva que seguidamente alimenta progresivamente al Incinerador. Durante el recorrido los residuos serán secados, desgasificados y posteriormente quemados. La combustión se realizará mediante inyección de aire; logrando reducir el volumen de los residuos en más del 80%.

Los gases generados por la combustión en el incinerador serán aprovechados para calentar el agua mediante un intercambiador de calor, generando Vapor. Con dicho vapor se impulsará un Turbina que está acoplada a un Alternador, que generará energía eléctrica; posteriormente el vapor será condensado en un aerocondensador, y tras circular por un desgasificador y bombas de alimentación, el agua será retornada al incinerador – generador de vapor.

El Vapor Generado se encontrará a una temperatura de 430°C y 60 BAR de presión; la que hará girar una Turbina de Vapor acoplada a un Generador Eléctrico, brindando 4.50 MW de Potencia.

La fiabilidad de la planta está ampliamente demostrada debido a la gran experiencia que existe en otros continentes (Europa y Asia). Donde aprovechan al máximo los residuos comunes generados por sus comunidades.

Los ingresos de la Planta es la venta directa de energía eléctrica; cabe indicar que se podría cobrar por cada tonelada de residuos común acopiada de cada municipio.

Por dato experiencia en la construcción de estas plantas en otros países se asume un costo de 1100 \$ por kW; lo que nos da un valor para nuestra Planta de 4.95 Millones de Dólares; por lo que se plantea dos escenarios posibles para la inversión de la Instalación de la Planta, verificando la viabilidad económica y la recuperación de capital en corto plazo. Se considera una vida Útil de 10 años.

Por tratarse de una Planta de Generación, deberá ser construida bajo estrictas normas de Seguridad y deberá de estar equipada con elementos que garanticen un buen funcionamiento sobre el horizonte planteado en la Inversión, además de garantizar el bienestar del personal que trabaja alrededor de la misma.

La ventaja que nos ofrece este proyecto es que no solo aumentaremos nuestra producción de Energía Eléctrica, sino que también podremos cubrir las necesidades de los ciudadanos a nivel Nacional.

**Palabras Claves:** Diseño de planta, Energía Eléctrica, residuos Sólidos.

## SUMMARY

The present Project intends to offer an alternative to be able to Generate Electric Energy taking advantage of Solid Waste (RRSS) and Hospital, which would lead us to increase the Generated Power of Energy in the Country.

For this, the heat generated by the incineration of these wastes will be used to generate Electric Energy through a Rankine Cycle. And therefore, information was sought from the Generation of Common and Hospital Solid Waste in the City of Arequipa.

For the calculations, it is taken as sample the city of Arequipa that presents / displays of more than a million Inhabitants and that generate in Average 0.547 Kg / hab. / Day; Which gives us more 600 Ton / day of Generated waste.

The waste will reach the plant, where they will be classified in organic and inorganic matter. After this filter, will be collected organic matter in silos.

By means of a crane bridge with Drag Claws, the waste will be fed to a hopper which is then progressively fed to the Incinerator. During the tour the waste will be dried, degassed and later burned. The combustion will be carried out by means of air injection; Reducing the volume of waste by more than 80%.

The gases generated by the combustion in the incinerator will be used to heat the water through a heat exchanger, generating Vapor. With this steam, will be driven a Turbine that is coupled to an Alternator, that will generate electrical energy; The vapor will then be condensed in an aero condenser, and after circulating through a degasser and feed pumps, the water will be returned to the incinerator - steam generator.

The Generated Steam will be at a temperature of 430 ° C and 60 BAR pressure; Which will turn a Steam Turbine coupled to an Electric Generator, providing 4.50 MW of Power.

The reliability of the plant is widely demonstrated due to the great experience that exists in other continents (Europe and Asia). Where they make the most of common waste generated by their communities.

The revenue of the Plant is the direct sale of electricity; It should be noted that it could be charged for each ton of common waste collected from each municipality.

Due to experience in the construction of these plants in other countries, a cost of 1100 \$ per kW is assumed; Which gives us a value for our Plant of 4.95 Million Dollars; This raises two possible scenarios for the investment of the Plant Facility, verifying the economic viability and the capital recovery in the short term. It is considered a useful life of 10 years.

As it is a Generation Plant, it must be built under strict Security norms and must be equipped with elements that guarantee a good operation on the horizon raised in the Investment, as well as guarantee the welfare of the personnel who work around it.

The advantage of this project is that not only will we increase our production of Electric Power, but we will also be able to meet the needs of the citizens at the National level.

**Keywords:** Plant design, electric power, Solid waste



# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**



## 1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el Perú falta cubrir la demanda de Energía Eléctrica y en la Ciudad de Arequipa existen zonas sin el servicio básico de Energía Eléctrica; lo mismo ocurre en las zonas alejadas de la ciudad, que no cuentan con este servicio básico para un mejor desarrollo social.

Además, vemos en la Ciudad de Arequipa que la gestión de los Residuos Comunes, presenta un pobre manejo, a pesar de los esfuerzos que realiza el Municipio Central y Distritales; los cuales tienen disposiciones municipales, pero no son cumplidos.

Después de realizar el análisis de varios años, nos damos cuenta que cada vez se acumula más desechos en nuestras calles, ocasionando contaminación ambiental, además de ser focos propensos de enfermedades.

Como es de conocimiento público los municipios distritales y provincial usan zonas inadecuadas para poder usar de botaderos para estos residuos; además también tenemos residuos contaminados biológicamente, generados por la Entidades de Salud Estatales y Privados.

Las entidades privadas de salud, lo que realizan es contratar a terceros para que se lleven sus desechos contaminados biológicamente para que ellos lo cautericen y luego le den una disposición final; donde en un 95% se realiza en los botaderos informales.

Es por tal motivo que el motivo de esta tesis es Generar Energía Eléctrica aprovechando los residuos sólidos que generamos diariamente y poder brindar una alternativa de solución a la necesidad de la población de Energía Eléctrica, tratando de cuidar nuestro medio ambiente.

## 1.2. DELIMITACIONES

### 1.2.1. Delimitaciones

#### 1.2.1.1. Delimitación Especial

La investigación se realizará en la Ciudad de Arequipa, en la Universidad Católica de Santa María, en la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica.

#### 1.2.1.2. Delimitación Temporal

La realización de la investigación presentada se inició el 09/12/2014 y se finalizara el 15/10/2016.

#### 1.2.1.3. Delimitación Social

La limitación de la investigación se realizará dentro de la Ciudad de Arequipa.

#### 1.2.1.4. Delimitación Conceptual

La fuente de participación económica del trabajo será mediante inversión propia, y se realizará la investigación del tema para poder concluir satisfactoriamente la presente tesis.

## 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.3.1. Problema Principal

Por lo expuesto en el análisis de la situación problemática la pregunta de investigación que guía el estudio es: ¿Cómo aumentar la Generación de Energía Eléctrica utilizando los residuos Comunes y Hospitalarios, para poder beneficiar a la Población?

## 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.4.1. Objetivo General

Generar Energía Eléctrica mediante un ciclo Rankine, utilizando como combustible los Residuos Sólidos y Hospitalarios generados por la Ciudad de Arequipa, realizando un tratamiento a los gases generados por la combustión de estos.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Generar energía eléctrica para poder brindar el servicio eléctrico a otras zonas de Arequipa.
- Aprovechar la Energía de los residuos sólidos y hospitalarios, que son generados por la población.
- Realizar el Cálculo Termodinámico para el Ciclo Rankine.
- Realizar el cálculo de la Estructura metálica para dicha planta.
- Describir en forma general los componentes que integran una Planta de Generación de Energía Eléctrica.

## 1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Si aprovechamos la energía que libera al incinerar los residuos Comunes y hospitalarios, el cual lo transmitiríamos al agua para que este se vaporice y podamos utilizar esta energía en una Turbina de Vapor y está a la vez mueva un Generador Eléctrico; podamos obtener así la Energía Eléctrica que necesita la Ciudad.

Y así estaríamos beneficiando a la Población en dos aspectos; brindando la Energía Eléctrica que necesita y además estaríamos aprovechando los residuos sólidos que genera la población.

## 1.6. VARIABLES

Se define a continuación las variables independientes y dependientes:

### 1.6.1. Variable Independiente

Nuestra Variable independiente viene a ser los Residuos Comunes y Hospitalarios de la Población de la Ciudad de Arequipa.

### 1.6.2. Variable Dependiente

Como variable dependiente será la Generación de Energía Eléctrica y el volumen de gases que deberían de tratarse.

## 1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La Investigación se limitará solo para la ciudad de Arequipa.

## 1.8. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizará el tipo de Investigación Aplicada, ya que utilizaremos los conocimientos aprendidos en la Universidad y datos del INEI; para poder realizar los cálculos de diseño, selección de equipos y componentes, planos de la estructura metálica y de la Planta de Generación Eléctrica.

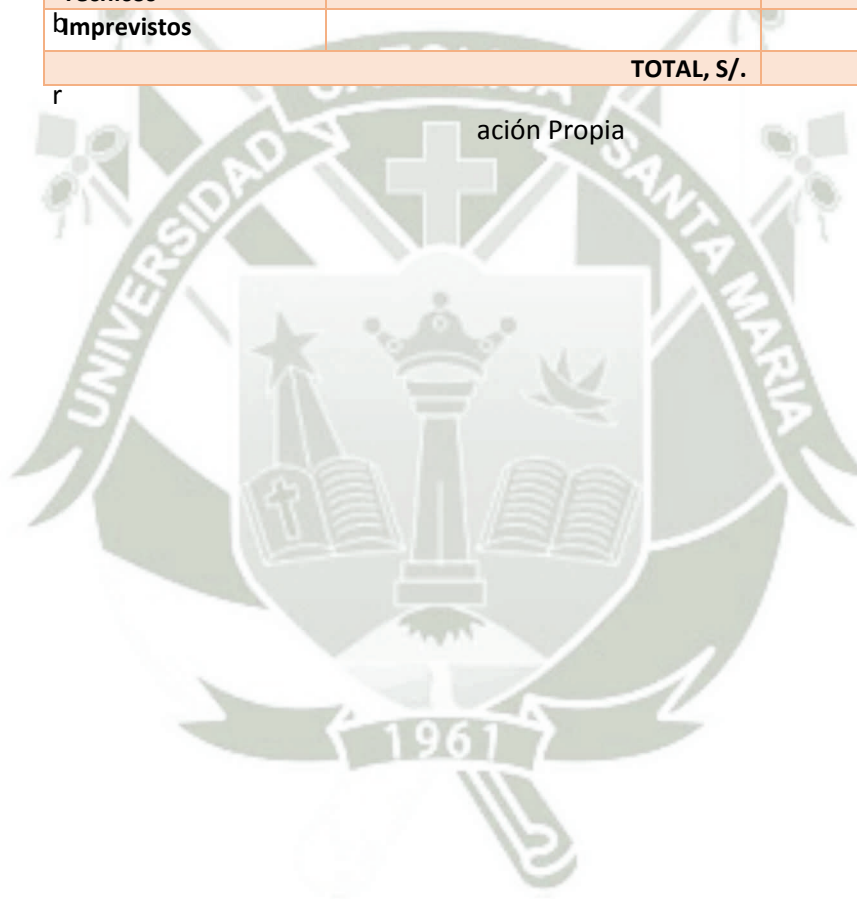
## 1.9. PRESUPUESTO

Para la realización de la presente investigación se presenta el siguiente presupuesto, el cual será asumido íntegramente por el proyectista.

**Cuadro N°01 – Presupuesto de la Tesis**

RUBROS	DESCRIPCIÓN	MONTO (S./.)
<b>Personal</b>	Investigador	7'000.00
<b>Equipos</b>	Computadora Portátil (Laptop) Impresora Láser Color HP	2'500.00
<b>Software</b>	SPSS, MS Project, Microsoft Office, entre otros	800.00
<b>Viajes y viáticos</b>	Visitas de campo	2'500.00
<b>Materiales y Suministros</b>	Materiales de escritorio	500.00
<b>Material Bibliográfico</b>	Libros, Ordenanzas, Información de la Web	200.00
<b>Servicios Varios y Técnicos</b>	Servicio Técnico Informático	1'050.00
<b>Imprevistos</b>		300.00
<b>TOTAL, S/.</b>		<b>14'850.00</b>

ación Propia





## **CAPITULO II**

# **MARCO TEÓRICO**



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó la búsqueda de información en otras investigaciones sobre La Generación de Energía Eléctrica con RRSS y Hospitalarios, encontrando información en otros países industrializados; en nuestro País la información de este tema y desarrollo aun es limitado.

En la ciudad de Lima la Empresa PETRAMAS instaló la primera planta de energía eléctrica renovable “Central Térmica de Biomasa de Huaycoloro”, la cual genera electricidad a partir de la basura que se deposita en el relleno sanitario de Huaycoloro al este de Lima.

El presidente Ejecutivo de PETRAMAS, resaltó que la inversión total de esta obra fue de US\$ 14 millones y para la generación de la electricidad se utilizará los tres millones y medio de kilos diarios de basura que recibe el relleno sanitario de Huaycoloro y que constituye alrededor del 35% de los residuos sólidos que genera toda la ciudad de Lima.

Explicó que la electricidad que se produzca se colocará en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) por los próximos 20 años y tendrá una potencia de generación de 4.8 mega watts (MW) hora.

La Central Térmica de Biomasa de Huaycoloro es la tercera de su tipo en Latinoamérica, donde sólo México y Brasil cuentan con esta forma de generación de energía eléctrica. La obra contó con el apoyo del Banco Mundial y el aval de las Naciones Unidas.

La información adicional que se encuentra es de disposición final y que tratamiento deben de realizar a los RRSS y hospitalarios. Lo cual se muestra en la parte de Marco Legal; de igual manera se toma referencia legal de otros departamentos.

## 2.2. MARCO LEGAL

Para la realización de la presente Tesis, debemos de tener en cuenta el siguiente marco legal vigente en nuestro País, y de igual modo respetar las normas para la realización de los cálculos.

- Ley N°28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente
- Ley N° 26842, Ley General de Salud.
- Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos – y su Modificatoria el Decreto Legislativo N° 1065.
- Ley N° 29263, Ley que modifica artículos del código Penal y de la Ley General del Ambiente.
- Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, Política Nacional del Ambiente
- Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM, Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA- PERÚ 2011-2021.
- Resolución Ministerial N° 373-2010/MINSA, Plan Nacional de Gestión de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo 2010-2012.
- Decreto Supremo N° 017-2012-ED, Política Nacional de Educación Ambiental.
- Norma Técnica “Gestión y manejo de residuos sólidos en establecimientos de salud y servicios médicos de Apoyo”, NTS N° 096-2012 MINSA/DIGESA V.01
- Acuerdo Regional N° 065-2014-GRA/CR-Arequipa
- Para la realización de los cálculos de ingeniería nos basaremos en la Norma Técnica Peruana (NTP E0.20, E0.30).
- Utilizaremos la Norma ASME para los cálculos Termodinámicos.
- Para los cálculos estructurales utilizaremos las Especificaciones LRFD del Instituto Americano del Acero de Construcción (AISC).



## 2.3. SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PERÚ

### 2.3.1. Importancia Del Sector Eléctrico

La importancia del sector eléctrico se fundamenta en asegurar el abastecimiento eficiente del suministro de energía para el desarrollo de las diversas actividades económicas nacionales. Otro aspecto, desde el punto de vista económico, es la evolución de la demanda de electricidad porque resulta un instrumento que permite predecir el nivel de actividad económica en el corto plazo, esto debido al alto nivel de correlación que existe entre ambas.

### 2.3.2. Abastecimiento De Energía En El Sistema De Transmisión

El sistema de transmisión de energía eléctrica conforma la cadena de producción de electricidad, es el medio de transporte de la energía que se realiza a través de las líneas de transmisión desde las centrales eléctricas de generación hasta el usuario final.

Entre los aspectos relevantes previstos en su oportunidad, es de suma importancia el potenciamiento del sistema de transmisión, habiéndose considerado acciones en el último Plan de Transmisión vigente que se vienen ejecutando progresivamente.



**Figura N°01 – Generación de Energía Eléctrica**  
**Fuente:** Revista Informativa – MINEM (2015)



### 2.3.3. Máxima Demanda

La máxima demanda del SEIN en el año 2013, es decir, el momento de mayor demanda simultánea en el sistema, se registró el día 11 de diciembre a las 20:15 y ascendió a 5'575 MW, presentando un crecimiento de 5,4% respecto a la máxima demanda del año anterior (ver gráfico). Esto refleja el incremento del equipamiento de los hogares y la industria, en especial de la minería y, en general, del nivel de actividad económica. La tasa de crecimiento promedio anual fue

6,5% en el período 2004-2013, así, en la última década la máxima demanda acumuló un crecimiento total de 78%.

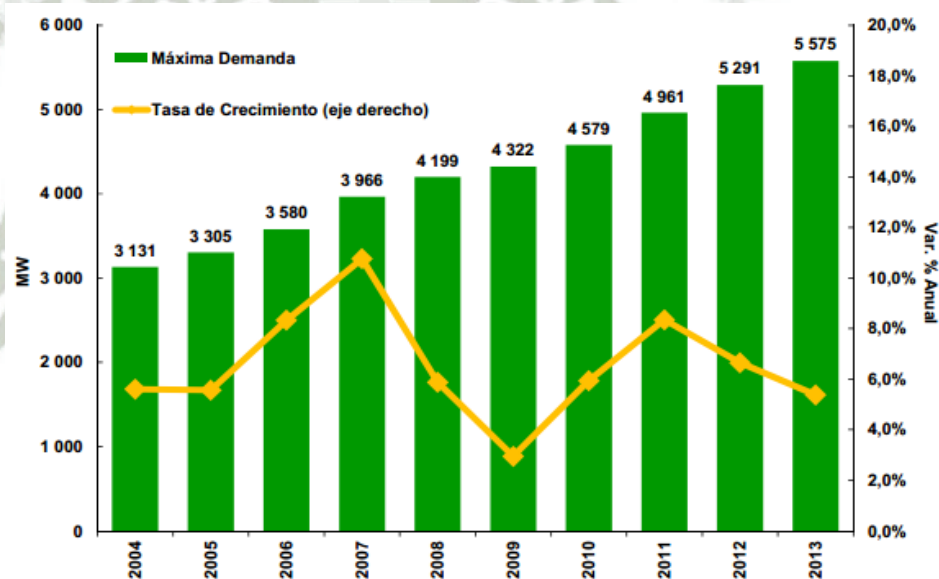


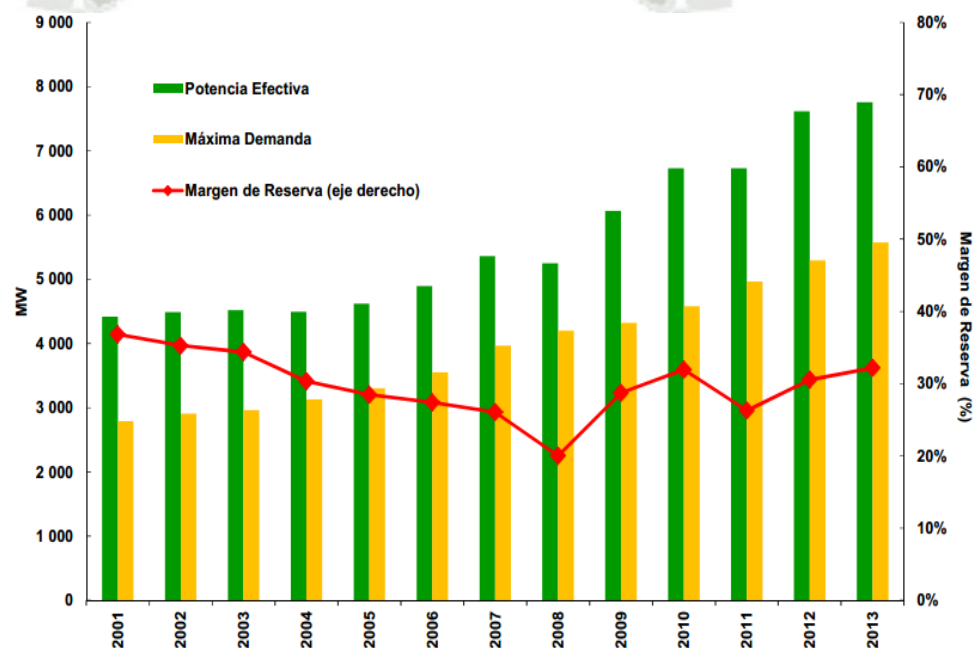
Figura N°02 – Demanda máxima del SEIN 2004 – 2013 (MW)

Fuente: Informe Anual del MINEM (2015)

### 2.3.4. Balance Oferta Y Demanda

El margen de reserva del SEIN fue de 32% en 2013, lo que representó una diferencia de 3,0% respecto al margen de 2012. Esto se explica por la expansión de 12,4% experimentada por la potencia efectiva, ritmo superior al crecimiento de la máxima demanda, que en dicho año fue 5,4%. Se

pueden apreciar dos tendencias, en el período 2001-2008 la máxima demanda y la potencia efectiva crecieron a una tasa promedio anual de 6% y 2,5%, respectivamente, lo cual explica la reducción del margen de reserva. En el período 2009-2013, se aprecia una reversión en dicha tendencia, en el cual se experimentó un crecimiento de 6,5% y 9,1%, respectivamente. Lo último se explica por la mayor inversión en generación que se centralizó en Lima, específicamente, en las centrales térmicas ubicadas en el distrito de Chilca.



**Figura N°03 – Balance de Oferta y Demanda en el SEIN 2004 – 2013 (MW)**

**Fuente:** Informe anual del MINEM y COES (2015)

Por lo que al ver la gráfica podemos apreciar que cada año aumenta la demanda requerida de Energía y de igual manera debe de aumentar la Potencia Efectiva. Dando como motivo el de aumentar Plantas Generadoras de Energía, además de ir proyectándonos a la venta de Energía Eléctrica a Nivel de Sudamérica.

## 2.4. RESIDUOS COMUNES

En la investigación de residuos comunes generados en las zonas geográficas del Perú, obtenemos los siguientes datos, que son fuente del Informe anual del Ministerio del Ambiente:

**Cuadro N°02 – Generación de Residuos Comunes:**

ZONA	GENERACIÓN DE RESIDUOS (Kg. /Hab.)
Costa	0.628
Sierra	0.547
Selva	0.573
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.610</b>

**Fuente:** Informe anual MINAM (Año 2010 – 2011)

Donde los habitantes de la costa son los que producen mayor cantidad de basura en el Perú y sólo en Lima, ciudad capital en la que viven más de 8 millones de Personas, genera un promedio de 2 millones 123 mil 016 toneladas de residuos al año.

Y según el último Informe sobre la Gestión Nacional de Residuos Sólidos correspondiente al periodo 2010–2011, presentado en la XII Reunión Anual para la Gestión de Residuos Sólidos en Trujillo, el promedio de 0,61 kg de residuos sólidos al día por cada peruano, precisa.

**Cuadro N°03 – Generación de Residuos por Región**

REGIÓN	GENERACIÓN DE RESIDUOS (Ton/año)
Lima	2'123'016
La Libertad	332'098
Piura	284'587
Arequipa	236'839
Madre de Dios	17'591
Tumbes	23'214
Pasco	30'587

**Fuente:** Informe anual MINAM (Año 2010 – 2011)

Asimismo, el informe señala que por su composición los residuos son, en mayor cantidad, restos orgánicos, de cocina y alimentos (47%); plástico (9.48%).

Mientras que los residuos peligrosos, es decir los que representan riesgos para la salud de las personas como relaves mineros, residuos industriales u hospitalarios (6,37%).

Continúan en la lista, aunque en menor proporción, el papel, los residuos de construcción, el vidrio, el cartón, el fierro, la madera y los residuos electrónicos, entre otros.

“La XII Reunión Anual para la Gestión de Residuos Sólidos, realizada en la ciudad de Trujillo el 9 y 10 de noviembre, contó con la participación del viceministro de Gestión Ambiental del MINAM, Mariano Castro Sánchez-Moreno y el alcalde provincial de Trujillo, César Acuña. También, autoridades sectoriales y municipales, representantes de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), el Organismo de Evaluación y Fiscalización (OEFA), y los ministerios de Economía, Producción, Transporte y Vivienda”.

## **2.5. RESIDUOS HOSPITALARIOS**

Solo se generará Residuos hospitalarios cuando las personas se hagan atender por cualquier tipo de enfermedad, urgencia o emergencia y antes de poder indicar un valor, debemos de contar con la información de Centros de Atención de Salud, tanto Públicos como Privados.

Esta información será presentada en los siguientes cuadros y de ahí podemos definir un aproximado de residuos hospitalarios.

**Cuadro N°04** – Generación diaria de Residuos Hospitalarios

	RESIDUOS HOSPITALARIOS GENERADOS		
	BIOCONTAMINADOS	COMUN	TOTAL
HOSP. HONORIO DELGADO ESPINOZA	1175.39499	637.51065	1877.64006
HOSP. GOYENECHÉ	484.11865	252.50267	775.94588
HOSP. NACIONAL C.A.SEGUIN ESCOBEDO	995.29752	509.40724	1614.17999
	2654.81116	1399.42056	4267.76593

**Fuente:** Informe del MINSA (2015)

## 2.6. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS HOSPITALARIOS

El tratamiento de los residuos sólidos hospitalarios consiste en transformar las características físicas, químicas y biológicas de un residuo peligroso en un residuo no peligroso o bien menos peligroso a efectos de hacer más seguras las condiciones de almacenamiento, transporte o disposición final. El método de tratamiento a aplicar será sin perjuicio a la población hospitalaria y al medio ambiente.

Los métodos de tratamiento recomendados son:

- Enterramiento Controlado.
- Esterilización por Autoclave.
- Incineración.
- Desinfección por Microondas.

Requerimientos Generales:

- En caso del uso de equipos deben estar en buen estado y con capacidad suficiente para tratar los residuos generados en el establecimiento de salud.
- Ambiente cerrado con sistema de ventilación (natural o mecanizada) para el caso de esterilización por autoclave o desinfección por microondas e incineración.

- Personal entrenado y con el equipo de protección personal respectivo.

### 2.6.1. Recolección Externa:

La recolección externa implica el recojo por parte de la empresa prestadora de servicios de residuos sólidos (EPSRS), registrada por DIGESA y autorizada por el Municipio correspondiente, desde el hospital hasta su disposición final (rellenos sanitarios autorizados).

#### Procedimiento:

- A. Trasladar las bolsas de residuos a las unidades de transporte utilizando equipos de protección personal y a través de rutas establecidas.
- B. Para realizar la recolección y transporte de las bolsas de residuos hacia el camión recolector, emplear técnicas ergonómicas de levantamiento y movilización de cargas, evitando derrames y contaminación en el establecimiento de salud, así como el contacto de las bolsas con el cuerpo del operario. Es recomendable llevar registro del peso de residuo sólido generado.
- C. Verificar el traslado al relleno sanitario, al menos una vez al mes.
- D. Verificar que el vehículo de transporte de residuo sólido hospitalario cumpla con las normas sanitarias vigentes.

### 2.6.2. Disposición Temporal

Los residuos sólidos hospitalarios generados deberán ser llevados a rellenos sanitarios autorizados por la autoridad competente de acuerdo a las normas legales vigentes.

En el Imagen N° 03 se muestra que la disposición final de los residuos en Lima Metropolitana, se realizó en el relleno de seguridad de Relima Vega Upaca, habiéndose dispuesto durante el 2009 un total de 7,821.15 Tm.





**Figura N°04 – Almacén General de los Residuos Hospitalarios**  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura N°05 – Almacén General de los Residuos Hospitalarios**  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura N°06 – Disposición Final de Residuos Hospitalarios**  
Fuente: Elaboración Propia

### 2.6.3. Criterios Para La Selección Del Tipo De Tratamiento

Para la selección del tipo de tratamiento más adecuado de los residuos sólidos, es conveniente evaluar varios factores:

- Impacto ambiental;
- Costos de instalación;
- Costos operativos y de mantenimiento;
- Número de horas diarias de utilización del sistema (en función de la cantidad de residuos sólidos que serán tratados);
- Requerimientos normativos y los permisos exigidos para la opción viable.
- Existencia de soporte técnico, para su mantenimiento y la capacitación correspondiente.

Al seleccionar una opción de manejo de desechos, se debe considerar, además de la conveniencia económica, los siguientes aspectos:

- Condiciones específicas locales, que puedan causar suspensiones accidentales de operación o bajo rendimiento de la misma;
- Condiciones futuras y cambios potenciales, tales como los relacionados con regulaciones y estándares;
- Actitudes contrarias y la eventual oposición pública a una o más opciones de tratamiento o eliminación.

Los equipos para aplicación de la tecnología de tratamiento de los residuos sólidos deben estar debidamente autorizados para su funcionamiento.

## **2.6.4. Esterilización Por Autoclaves**

### **2.6.4.1. Descripción del Funcionamiento**

En el proceso se utiliza vapor saturado a presión en una cámara, conocida como autoclave, dentro de la cual se someten los residuos sólidos a altas temperaturas con la finalidad de destruir los agentes patógenos que están presentes en los residuos.

En este tipo de tratamiento la temperatura y el tiempo son los parámetros fundamentales para la eficacia del tratamiento. Las temperaturas de operación deben estar entre 135 a 137°C, por un tiempo de 30 minutos como mínimo.

### **2.6.4.2. Especificaciones técnicas del equipo**

El equipo consiste en una cámara hermética, de acero inoxidable, dentro de la cual se colocarán los desechos, esta cámara puede resistir altas presiones y vacíos. En esta cámara se colocan los residuos a ser esterilizados; en primer lugar, se produce vacío para extraer el aire de la cámara, luego se inyecta vapor de agua en el interior, a fin de evitar la formación de burbujas de aire donde la temperatura no alcanza los valores adecuados; nuevamente se realiza un segundo vacío extrayendo el contenido de aire y vapor de la cámara. Se prevé que en este momento la cámara no tendrá bolsas de aire, inmediatamente después se inyecta vapor. Cuenta con un sistema de control del incremento de la temperatura hasta 137°C, momento en el cual comienza a contar el tiempo de tratamiento de 30 minutos.

### **2.6.4.3. Aspectos técnico-operativos**

Para la utilización de autoclaves se requiere que el establecimiento de salud, cuente con red de vapor suministrado por calderas.

Con esta aplicación al no reducirse ni destruirse la masa, es necesario utilizar un tratamiento posterior que haga irreconocible los residuos que salen de la autoclave (aplicable a jeringas, agujas e hipodérmicas), a fin de evitar su reuso ilegal propiciado por la segregación informal existente en algunos lugares del país que no cuentan con relleno sanitario.

Es decir, además se requiere de un equipo triturador y compactador del residuo sólido.

Los residuos Bio contaminados de baja densidad, tales como materiales plásticos, son más adecuados para la esterilización a vapor. Los residuos de alta densidad, tales como partes grandes de cuerpos y cantidades grandes de material animal o de fluidos, dificultan la penetración del vapor y requieren un tiempo más largo de esterilización.

En el caso de envases de plástico (por ejemplo, polietileno), que sí resisten al calor, pero impiden la penetración del vapor, es necesario destapar previamente los mismos para que el proceso de esterilización sea efectivo.

El volumen del desecho es un factor importante en la esterilización mediante el vapor. Considerando que puede resultar difícil lograr la temperatura de esterilización con cargas grandes, puede ser más efectivo tratar una cantidad grande de desechos en dos cargas pequeñas, en lugar de una sola.



**Figura N°07 – Horno Autoclave**

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura N°08 – Esterilización de Residuos**

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura N°09 – Triturador de Residuos Solidos**

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura N°10 – Residuos Sólidos Triturados**

Fuente: Elaboración Propia

## **2.6.5. Relleno Sanitario - Enterramiento Controlado**

### **2.6.5.1. Descripción del Funcionamiento**

El relleno sanitario enterramiento controlado, es una técnica para la disposición de los residuos sólidos hospitalario en el suelo, sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública, método este que utiliza principios de Ingeniería para confinar los residuos en a menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y para cubrir los residuos así depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al fin de cada jornada.

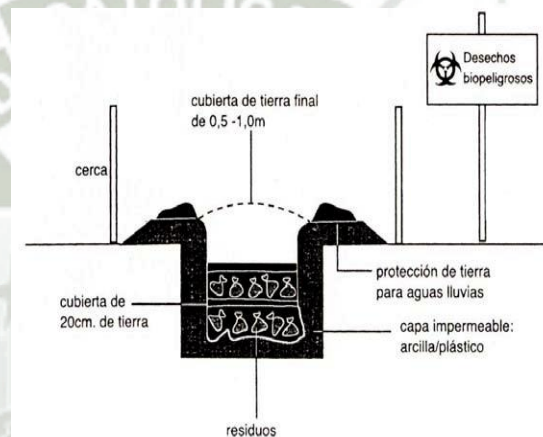
Es una técnica manual que requiere de: la impermeabilización de la base, cerco perimétrico, señalización y letreros de información.

### **2.6.5.2. Aspectos técnico-operativos**

El enterramiento controlado debe contemplar las medidas técnico-sanitarias de construcción y mantenimiento de los rellenos sanitarios.

Se debe identificar y definir una zona aislada para el enterramiento controlado en áreas donde no haya tránsito de personas, animales o vehículos, alejados, de características impermeables, habilitando celdas de confinación de residuos y efectuando el enterramiento a cierta profundidad.

La administración del establecimiento de salud, debe asegurarse que la EPS- RS encargada de la disposición final en el enterramiento controlado, cuente con la autorización de funcionamiento y registros otorgada por la DIGESA y los municipios correspondientes.



**Figura N°11 – Relleno Sanitario**

**Fuente:** Modelo Base de Procedimiento de Relleno – Revista Informativa MINAM (Año 2010)

## 2.6.6. Desinfección Por Microondas

### 2.6.6.1. Descripción del Funcionamiento

Proceso por el cual se aplica una radiación electromagnética de corta longitud de onda a una frecuencia característica. La energía irradiada a dicha frecuencia afecta exclusivamente a las moléculas de agua que contiene la materia orgánica, provocando cambio en sus niveles de energía manifestados a través de oscilaciones a alta frecuencia, las moléculas de agua al chocar entre sí friccionan y producen calor

elevando la temperatura del agua contenida en la materia, causando la desinfección de los desechos.

La aplicación de esta tecnología implica una trituración y desmenuzamiento previo de los residuos Bio contaminados, a fin de mejorar la eficiencia del tratamiento; a continuación, al material granulado se le inyecta vapor de agua y es transportado automáticamente hacia la cámara de tratamiento, donde cada partícula es expuesta a una serie de generadores de microondas convencionales que producen el efecto mencionado anteriormente.

El producto final tratado está preparado para ser depositado en el relleno sanitario. El volumen de los residuos se reduce en un 60%.

#### **2.6.6.2. Especificaciones técnicas del equipo**

El equipo está conformado por: el sistema de carga automático, la unidad de trituración, los generadores de microondas y el transportador tipo gusano.

Debido al principio de funcionamiento del microondas explicado anteriormente, luego de la trituración se inyecta vapor de agua al desecho con la finalidad de elevar la humedad de los mismos de 50% a 60% hasta 90% aproximadamente.

Logrado esto los desechos son transportados mediante un tornillo sin fin hasta los generadores de microondas; éstos se irradiarán con ondas de alta frecuencia durante 30 minutos. Las temperaturas de operación son de 95°C

#### **2.6.6.3. Aspectos técnico-operativos**

Este método de tratamiento reduce los volúmenes de los residuos Bio contaminados mediante un triturador a un 60%. Hay ausencia de emisiones peligrosas, sin embargo, podrían liberarse de la cámara de tratamiento de materiales volátiles durante la operación. Hay ausencia de vertidos líquidos y el producto final es irreconocible. En general, el impacto ambiental que ofrece este tratamiento es relativamente bajo.

Sin embargo, posee complejidad operativa, requiere de un triturador y de una batería de generadores de microondas, de un elevador, de un transportador sin fin y de altas demandas de energía eléctrica (60 Kw para un tratamiento de 100 Kg/hora).

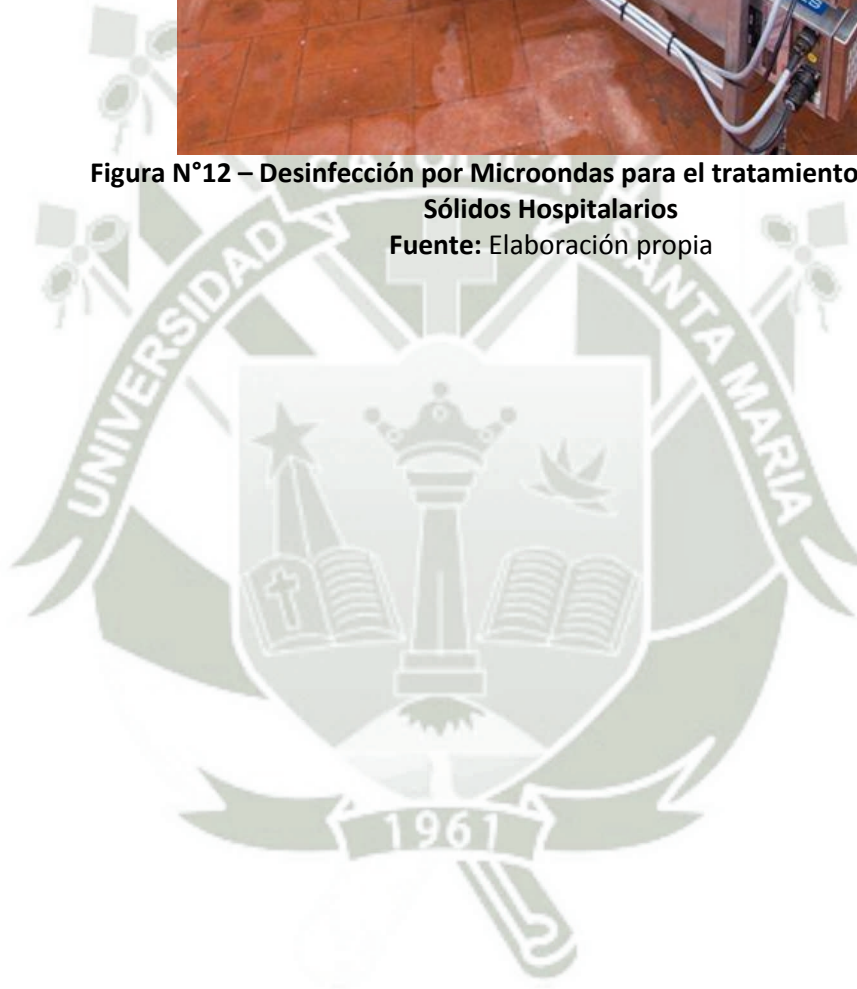
Los parámetros que se deben tener en cuenta para este tipo de tratamiento son la temperatura presión y tiempo, a fin de garantizar la esterilización completa de los residuos Bio contaminados. Parámetros que se fijarán en función a las características operativas y a los tipos de patógenos que se desea eliminar.

Este método requiere de una alta inversión económica, tanto para la instalación, costos operativos y de mantenimiento. Lo cual hace poco factible su implementación en los establecimientos de salud del país.



**Figura N°12 – Desinfección por Microondas para el tratamiento de Residuos Sólidos Hospitalarios**

Fuente: Elaboración propia



## 2.6.7. Incineración De Residuos Sólidos Hospitalarios

### 2.6.7.1. Descripción del Funcionamiento

Es un proceso de combustión que transforma la materia orgánica de los residuos en materiales inertes (cenizas) y gases. El sistema garantiza la eliminación de los agentes patógenos y consigue una reducción física significativa de los residuos, tanto en peso como en volumen.

Este método se utiliza para tratar los residuos Clase A y Clase B (a excepción de los residuos radiactivos), permitiendo reducir el volumen a un 90%, dejándolos irreconocibles e inertes. Los incineradores deben contar con doble cámara: primaria, que alcanza temperaturas entre 600 y 850 °C; y con cámara secundaria con temperaturas superiores a los 1 200 °C; además de contar con filtro y lavador de gases.

### 2.6.7.2. Especificaciones técnicas del equipo

Los incineradores pirolíticos cuentan con una cámara primaria de acero, con resistencia a las temperaturas altas; esta cámara se encuentra revestida con materiales refractarios, cuya finalidad es la de retener el calor producido por los quemadores. Los quemadores, consisten en una boquilla donde se pulveriza el combustible en una mezcla con aire a presión, el cual se encenderá mediante una chispa producida por un sistema eléctrico parte del equipo.

La cámara secundaria, de menor tamaño que la primera, consiste también en una estructura de acero, la cual se encuentra revestida de material refractario que soporta mayores temperaturas. En la cámara secundaria los gases producto de la combustión de los desechos sólidos son incinerados mediante un quemador

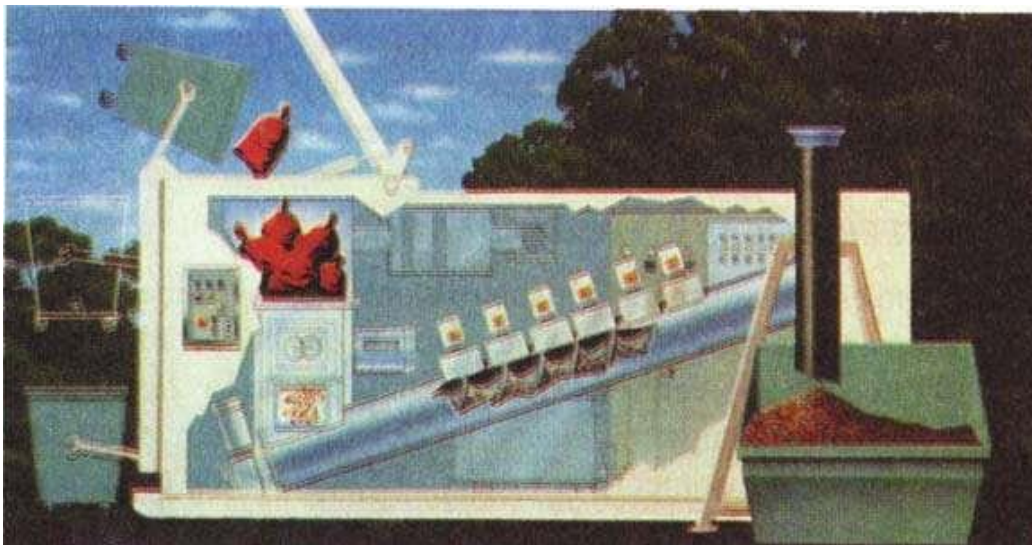
adicional. Las temperaturas que se deben alcanzar son superiores a los 1200 °C.

### 2.6.7.3. Aspectos técnico-operativos

La incineración de residuos Bio contaminados requiere de temperaturas y tiempos de exposición mínimos para asegurar la destrucción de todos los microorganismos presentes. Temperaturas del orden de los 1200 °C en la cámara de combustión secundaria, con tiempos de residencia del orden de 01 segundo, permitirán obtener una adecuada incineración de los elementos tóxicos generados en la cámara primaria.

El objetivo de la incineración de residuos es reducir su volumen y peligrosidad, capturando o destruyendo las sustancias potencialmente nocivas que se emiten, o se pueden emitir, durante la incineración. Los procesos de incineración también pueden ofrecer un medio que permita la recuperación del contenido energético, mineral o químico de los residuos.

Durante la incineración se crean gases de combustión que contienen la mayor parte de la energía del combustible disponible en forma de calor.



**Figura N°13 – Modelo de Horno Rotatorio**  
Fuente: Manejo de Residuos Sólidos (Año 2010)

#### 2.6.7.4. Emisiones Generadas Por El Proceso De Incineración

Un incinerador de desechos hospitalarios puede emitir una cantidad significativa de contaminantes a la atmósfera, el número de estas sustancias puede superar el centenar. Tales contaminantes incluyen:

- Material particulado (PM)
- Metales
- Gases ácidos
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Monóxido de carbono (CO)
- Compuestos Orgánicos
- Otros materiales presentes en desechos médicos

##### 2.6.7.4.1. Material Particulado

Es emitido como resultado de la combustión incompleta de orgánicos y el ingreso de materia no combustible en la corriente gaseosa de descarga. El material particulado puede

salir como sólido o como aerosol, y en adición a las cenizas voladoras, éste puede contener metales pesados, ácidos y restos orgánicos.

Por lo general, el tamaño de las partículas generadas desde un incinerador de desechos hospitalarios, está principalmente en el rango inhalable, es decir material particulado menor a  $10\ \mu\text{m}$  (PM10). Las buenas condiciones de combustión serán de mucha ayuda para reducir la cantidad de partículas, así como también el tamaño de las mismas.

#### **2.6.7.4.2. Metales**

La cantidad y tipo de metales que se emiten en la descarga, están en función del contenido de compuestos orgánico-metálicos e inorgánicos presentes en los desechos hospitalarios, los cuales pueden ser volatilizados y oxidados bajo las condiciones favorables de alta temperatura y oxidación en el incinerador. Los compuestos orgánico-metálicos volatilizados, tienden a condensarse sobre la superficie de las partículas, de tal manera que las más pequeñas van a tener una alta concentración de estos compuestos; los metales también pueden ser emitidos como materia en partículas.

Objetos como bisturís de cirugía, baterías y aparatos de medición son fuentes de restos de metales; plásticos como el poli cloruro de vinilo (PVC) contienen Cadmio, el cual junto con el Cromo, Mercurio y Plomo son los metales de mayor inquietud para la salud pública.

El control de emisión de metales a la atmósfera incluye la minimización de la vaporización de metales presentes en los desechos y la maximización de la captación de partículas pequeñas. Por lo general, el sistema de control de emisión de partículas servirá también para el control de metales, incluyendo el mercurio si se provee un enfriamiento adecuado de los gases.

#### **2.6.7.4.3. Gases Ácidos**

La combustión de desechos hospitalarios puede producir emisiones gaseosas en las formas de cloruro de hidrógeno (HCL) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), además de cantidades más pequeñas de otros compuestos, el cual a su vez puede encontrarse en plásticos (como el PVC, polietileno y poliestireno) o en ciertos productos químicos. Así mismo, el SO<sub>2</sub> se forma según el contenido de azufre en los desechos y el combustible auxiliar.

Las técnicas de control para los gases ácidos incluyen la depuración húmeda y la depuración seca; la idea fundamental es neutralizar el ácido y/o colectar los constituyentes ácidos en soluciones acuosas o en adsorbentes secos. Otro método de control consiste en separar los componentes de los residuos que contienen grandes cantidades de cloro y azufre, de manera que se obtendrá una reducción en los niveles de emisión de HCL y SO<sub>2</sub>.

#### **2.6.7.4.4. Óxidos de nitrógeno**

Representan una mezcla constituida principalmente de monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

Éstos a su vez son formados en la combustión como NO<sub>x</sub> térmico y NO<sub>x</sub> combustible, el primero es producto de la reacción a alta temperatura entre el nitrógeno y el oxígeno del aire de combustión, mientras que el segundo se forma mediante reacciones entre el oxígeno y nitrógeno orgánico del combustible.

#### **2.6.7.4.5. Monóxido de carbono**

Se presenta como un producto de combustión incompleta (PIC) de materiales que contienen carbono; la emisión de éste contaminante se debe principalmente a tiempos de residencia muy cortos en el incinerador, bajas temperaturas y condiciones de mezclado inferiores a las requeridas. Cuando la combustión no es completa se formará CO en lugar de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), por lo tanto, como método de control bastará con aplicar buenas prácticas de combustión.

#### **2.6.7.4.6. Compuestos orgánicos**

Este tipo de compuestos se presentan en la descarga del incinerador debido a fallas en el proceso de combustión, de tal manera que se obtendrán productos de combustión que reaccionaron parcialmente o compuestos que no reaccionaron, es decir se obtendrán productos de combustión incompleta. Tales productos pueden ir desde hidrocarburos de bajo peso molecular hasta compuestos clorados de alto peso molecular, conocidos simplemente como dioxinas y furanos; la importancia de estos compuestos radica en que algunos isómeros de estas familias se encuentran entre las sustancias más tóxicas que existen.

Para el control de compuestos orgánicos se recomiendan las buenas prácticas de combustión; las cuales incluyen la alimentación uniforme de los desechos, buena distribución del aire, y, temperatura, tiempo de residencia y turbulencia suficientes; la aplicación de éstas reducirá su emisión.

#### **2.6.7.4.7. Otros contaminantes en los desechos hospitalarios**

En los residuos hospitalarios se pueden encontrar objetos (como sábanas y vendas) o instrumentos que estuvieron en contacto con materiales infecciosos como sangre, fluidos corporales y partes anatómicas. Tantas bacterias como patógenas serán destruidas fácilmente en el incinerador siempre y cuando se aseguren las condiciones que maximizan la destrucción de compuestos orgánicos, es decir, las buenas prácticas de combustión.

**Cuadro N°05:** Ventajas y Desventajas de las Tecnologías de Tratamiento para RSC

	Incineración	Autoclave	Microondas	Relleno Sanitario Enterramiento Controlado
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduce el volumen en un 90%</li> <li>- Eliminación total de patógenos si se opera adecuadamente</li> <li>- Alto grado de efectividad</li> <li>- Destruye cualquier material que contiene carbón orgánico.</li> <li>- Aplicable a cualquier tipo de residuo.</li> <li>- Los restos son irreconocibles y definitivamente no reciclables</li> <li>- Permite el tratamiento de residuos anatómicos y patológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto grado de efectividad</li> <li>- No emisiones gaseosas peligrosas</li> <li>- Fácil operación, no hay riesgo</li> <li>- Efluentes estériles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduce el volumen en 60%</li> <li>- No emisiones gaseosas peligrosas</li> <li>- Bajo riesgo de operación</li> <li>- No tiene efluentes</li> <li>- Alto grado de efectividad</li> <li>- Contaminación mínima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No genera contaminación al medio ambiente.</li> <li>- Bajo costo</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto costo en combustible</li> <li>- Riesgo en la operación</li> <li>- Costo de mantenimiento elevado.</li> <li>- Conlleva el riesgo de posibles emisiones y sustancias tóxicas en la atmósfera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesita un tratamiento posterior para hacer irreconocibles los residuos.</li> <li>- Requiere de línea a vapor.</li> <li>- No reduce el volumen de los desechos tratados</li> <li>- Puede producir malos olores y genera aerosoles</li> <li>- Es necesario emplear bolsas y recipientes especiales para este tipo de tratamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto costo de inversión.</li> <li>- Alto costo de mantenimiento.</li> <li>- Requiere personal entrenado para su operación.</li> <li>- No todos los parásitos y bacterias son destruidos.</li> <li>- No es apropiado para tratar 800 y 1000 kg de desechos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existen pocos rellenos en las diferentes ciudades del país.</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

## 2.7. SISTEMAS DE DEPURACIÓN DE GASES

### 2.7.1. Filtros de mangas

Se componen del propio filtro y del sistema de limpieza, que puede ser de aire acondicionado a contracorriente en flujo continuo, neumático o chorros en contracorriente, por vibración o por golpeo. Se deben comprobar siempre las temperaturas reales a que van a ser sometidos, pues es muy frecuente que los quemé el usuario.

Son muy eficaces para las partículas finas; son un conjunto de bolsas de tela a través de las cuales entra el gas de combustión atravesando los poros de la tela reteniendo las partículas.

Cada vez se reduce más el tamaño de poro de la tela. En estas telas se fijan los contaminantes. Los sistemas de limpieza de estos filtros pueden ser por golpeo, por vibración o por aire o chorros de aire a contracorriente.

### **2.7.2. Filtros electrostáticos (precipitadores o electro filtros)**

Se componen de unos electrodos que cargan eléctricamente las partículas sólidas, que precipitarán en los electrodos positivos de precipitación, donde un sistema provoca vibraciones que las lanzan a las tolvas correspondientes si el electro filtros es seco. Si es húmedo, se arrastran con agua.

Es el más utilizado y resulta muy eficaz para retirar partículas de diferente tamaño. La eficiencia es casi del 100% para mayores de 10 micras y el 93% para menores de 2 micras.

### **2.7.3. Ciclones**

Los ciclones no son muy eficaces y se usan antes que los precipitadores, ya que pueden retirar partículas más gruesas (mayores de 15 micras). El gas se introduce de modo tangencial en un sistema en el que se forma un ciclón de aire, las partículas chocan contra las paredes y caen al fondo y son recogidas. Donde el gas asciende con menos impurezas.

### **2.7.4. Lavadores de gases**

#### **2.7.4.1. Sistema seco**

Se inyecta un absorbente en forma de polvo, que captará el gas y que se recogerá en filtros de manga. Sistema semiseco: Se inyecta

una lechada del absorbente (en mezcla con agua), que al contactar con el gas se evapora y actúa como el sistema seco.

#### **2.7.4.2. Sistema húmedo**

Se utilizan torres de lavado, en las que se pulveriza el líquido lavador y se pasa el gas a través de él. Se suele aplicar lavado alcalino para ácidos y lavado ácido para productos alcalinos.

Se deben utilizar circuitos semi cerrados, que se purgan cuando la concentración del residuo alcanza niveles calculados previamente. En ese momento se extrae el líquido o el lodo, que se tratará según sean sus características.

#### **2.7.4.3. Sistema Semi seco**

Se inyecta una lechada adsorbente; que al hacer contacto con el gas se evapora y actúa como un sistema seco.

#### **2.7.5. Filtros de carbón activo**

Se utilizan en la etapa final de la depuración de los gases de combustión en la incineración de residuos. Se suele utilizar coque activo.

El sistema se basa en instalar varias capas separadas por placas perforadas, (de forma que el gas se distribuya de manera homogénea), que puedan ser renovadas o limpiadas cuando sea necesario.

El proceso es el siguiente: se eleva la temperatura del gas afluente hasta 120°C mediante vapor de la caldera, y a continuación se pasa aquel en corriente cruzada, en ambiente de una ligera depresión, para evitar fugas al exterior.

Mediante este sistema se reducen las dioxinas, los furanos, algunos metales pesados, ciertos compuestos halogenados, muchos derivados del azufre, muchos contaminantes orgánicos, etc.

## 2.8. POBLACIÓN DE AREQUIPA

Comenzaremos describiendo la demografía Nacional para poder entender la cantidad de Generación de RRSS

**Cuadro N°06 – Magnitud Y Crecimiento Poblacional**

**POBLACIÓN TOTAL, CENSADA Y OMITIDA, SEGÚN CENSOS REALIZADOS, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2005 Y 2007**

Año	Población		
	Total	Censada	Omitida
1940	7,023,111	6,207,967	815,144
1961	10,420,357	9,906,746	513,611
1972	14,121,564	13,538,208	583,356
1981	17,762,231	17,005,210	757,021
1993	22,639,443	22,048,356	591,087
2005	a/ 27,219,264	26,152,265	1,066,999
2007	28,220,764	27,412,157 b/	808,607

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI – Censos nacionales de Población y Vivienda 1940,1961, 1972, 1981, 1993, 2005 y 2007.

### 2.8.1. Analizando la Población de Arequipa

Cuadro N°07 – Población Censada Urbana, Según Departamento

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN CENSADA URBANA, SEGÚN DEPARTAMENTO,  
1940, 1961, 1972, 1981, 1993 Y 2007

Departamento	Población Censada Urbana					
	1940	1961	1972	1981	1993	2007 a/
<b>Total</b>	<b>2,197,133</b>	<b>4,698,178</b>	<b>8,058,495</b>	<b>11,091,923</b>	<b>15,458,599</b>	<b>20,810,288</b>
Amazonas	26,648	45,977	67,357	81,973	119,517	166,003
Áncash 1/	98,673	194,578	346,635	439,597	548,028	682,954
Apurímac	36,936	57,116	75,088	83,422	133,949	185,671
<b>Arequipa</b>	<b>155,144</b>	<b>250,746</b>	<b>420,801</b>	<b>583,927</b>	<b>785,858</b>	<b>1,044,392</b>
Ayacucho	85,601	103,900	150,537	183,688	236,774	355,384
Cajamarca 1/	66,048	107,175	156,892	211,170	311,135	453,977
Prov. Const. del Callao 2/	81,268	204,990	313,316	440,446	639,232	876,877
Cusco	122,552	198,341	262,822	348,396	471,725	644,684
Huancavelica	37,843	57,736	79,628	85,775	100,439	144,022
Huánuco 1/	42,213	68,352	106,399	148,427	252,778	323,935
Ica	62,225	137,589	255,284	341,619	472,232	635,987
Junín 1/	137,776	255,752	414,751	510,662	678,251	825,263
La Libertad 1/	122,177	246,847	473,465	631,529	870,390	1,218,922
Lambayeque	98,501	211,616	373,990	518,631	709,608	885,234
Lima	630,173	1,752,277	3,241,051	4,542,911	6,178,820	8,275,823
Loreto 1/	49,292	100,395	179,276	255,290	398,422	583,391
Madre de Dios	1,306	3,783	8,499	15,960	38,433	80,309
Moquegua	8,342	24,638	52,107	78,391	106,601	136,696
Pasco 1/	29,950	49,113	102,017	121,802	133,383	173,593
Piura	145,276	297,828	462,865	697,191	976,798	1,243,841
Puno	71,079	124,147	186,160	283,222	423,253	629,891
San Martín	52,797	95,784	131,793	181,210	335,942	472,755
Tacna	19,283	45,980	77,358	122,187	195,949	263,641
Tumbes	10,698	33,794	52,729	81,837	136,287	181,696
Ucayali 1/	5,332	29,724	67,675	102,660	204,795	325,347

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI – Censos nacionales de Población y Vivienda 1940,1961, 1972, 1981, 1993, 2005 y 2007.

Según las proyecciones poblacionales del INEI al 2014, Arequipa alberga una población de 1'273'180 habitantes, lo que representa el 4.13% de la Población Nacional.

**Cuadro N°08** – Arequipa: Superficie, población y Densidad Poblacional 2014

Departamento y Provincia	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Población Estimada 2014	Densidad Poblacional Hab/Km <sup>2</sup>
PERÚ 1/	1,286,966.66	30,814,175	24
AREQUIPA 3/	63,345.39	1,273,180	20
Arequipa	9,682.02	958,351	99
Camaná	3,997.73	58,365	15
Caraveli	13,139.41	40,373	3
Castilla	6,914.48	38,782	6
Caylloma	14,019.46	91,603	7
Condesuyos	6,958.40	18,141	3
Islay	3,886.03	52,776	14
La Unión	4,746.40	14,789	3

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, Estimaciones y Proyecciones de Población 2000 al 2015 Departamento, Provincia y Distrito. Nota: Población Proyectada al 30 de Junio del 2014.

### 2.8.2. Aumento de Población por Turismo

También debemos de Considerar al Turistas Nacional como Extranjero como fuente de generación de RRSS y hospitalarios.

Ahora bien, solo consideraremos al Ingreso de Turistas a la Ciudad de Arequipa, como veremos en el cuadro siguiente:

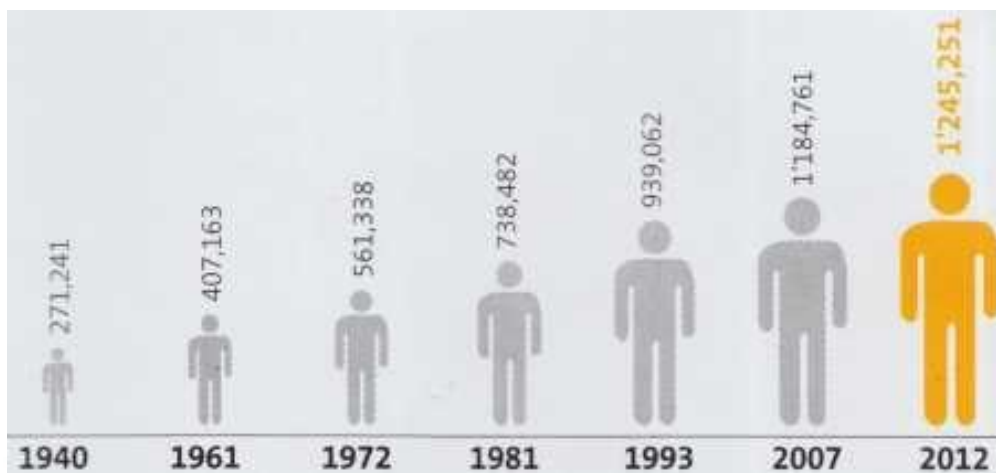
**Cuadro N°09** – Turistas en la Ciudad de Arequipa en el año 2014

Año	Visitantes		
	Nacionales	Extranjeros	Total
1997	234197	59191	293388
1998	225150	74268	299418
1999	194901	76343	271244
2000	256534	85631	342165
2001	250328	81140	331468
2002	266210	73795	340005
2003	661308	133978	795286
2004	533666	189344	723010
2005	460000	150000	610000
2006	713273	228419	941692
2007	768043	230081	998124
Total	3136290	931822	4068112

**Fuente:** Información obtenida de la Pagina Web de Arequipa

## 2.9. RESUMEN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

Sobre la Población en Arequipa obtenemos lo siguiente:



**Figura N°14 – Evolución Demográfica de Arequipa**

**Fuente:** Informe del INEI (Año 2007)

Recordando el Informe del MINAM presentado en el Capítulo I – Generación de Residuos Comunes:

**Cuadro N°10 – Generación de Residuos Comunes**

ZONA	GENERACION DE RESIDUOS (Kg. /Hab./Día)
Costa	0.628
Sierra	0.547
Selva	0.573
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.610</b>

**Fuente:** Informe anual del MINAM Año 2010 – 2011

Podemos referir entonces que la Provincia de Arequipa producirá 681 Ton/día. Y si fuese por año será 248'620 Ton / año.

**Cuadro N°11 – Generación de Residuos por Región**

REGIÓN	GENERACIÓN DE RESIDUOS (Ton/año)
Lima	2'123'016
La Libertad	332'098
Piura	284'587
Arequipa	236'839
Madre de Dios	17'591
Tumbes	23'214
Pasco	30'587

Fuente: Informe anual del MINAM Año 2010 - 2011

Y sobre los Residuos Hospitalarios como vimos en el Cuadro N°04. Podemos indicar que se genera:

- ❖ 4.27 Ton diaria de residuos sólidos hospitalarios





## **CAPITULO III**

# **CÁLCULOS JUSTIFICADOS**



### 3. CÁLCULOS JUSTIFICADOS

Como se describió en el Problemática de esta Tesis; nuestra necesidad es de Generar Energía Eléctrica y para lo cual utilizaremos los Residuos Sólidos.

Por lo que anteriormente también obtuvimos valores de Generación de Residuos Sólidos al día; y en el presente capítulo nos dedicaremos a realizar los cálculos adecuados para poder aprovechar esta energía desaprovechada en la Generación de Energía Eléctrica.

Comenzaremos describiendo la Planta de Generación de Energía Eléctrica que se desea Plantear; la que se realizó en el programa Inventor. Y comentaremos brevemente que se realizara en cada fase.

#### 3.1. PLANTEAMIENTO DE LA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON RESIDUOS SOLIDOS

Se realizó el presente planteamiento en el programa INVENTOR de AUTODESK; en el cual describiremos cada componente.

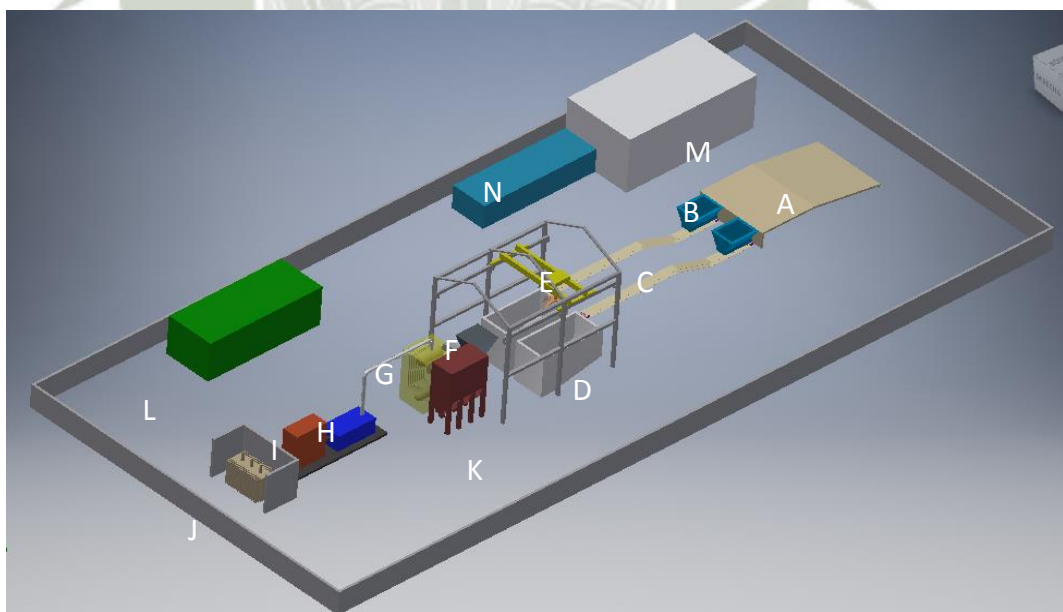
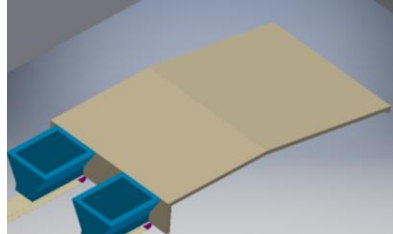


Figura N°15 – Planta de Generación de Energía Eléctrica con RSC

**Fuente:** Elaboración propia – Programa INVENTOR

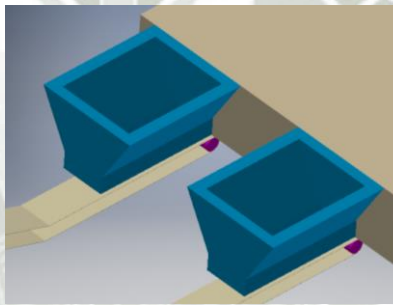
**A. Rampa de Descarga.** – Esta es la zona de recepción de los Camiones o Compactadoras, que traerán los residuos sólidos y hospitalarios.



**Figura N°16 – Rampa de descarga de RSC**

**Fuente:** Elaboración propia.

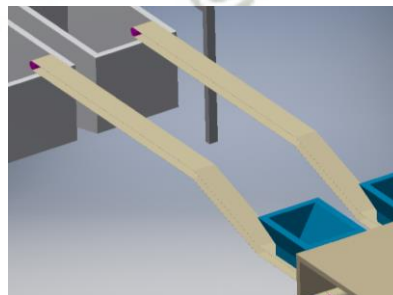
**B. Silo de Recepción.** – Será el primer silo de recepción donde los residuos serán alimentados continuamente hacia la faja transportadora para su posterior clasificación.



**Figura N°17 – Primeros silos de recepción de RSC**

**Fuente:** Elaboración propia.

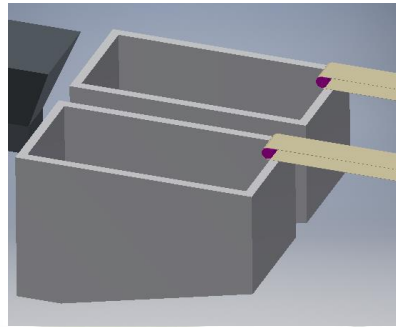
**C. Faja Transportadora de Clasificación.** - En esta faja se alimentará a los silos de acopio; lo importante en esta faja es que se realizara la clasificación de los residuos, teniendo que separar los metales y/o material no inflamable.



**Figura N°18 – Faja Transportadora de clasificación de RSC**  
Fuente: Elaboración propia.



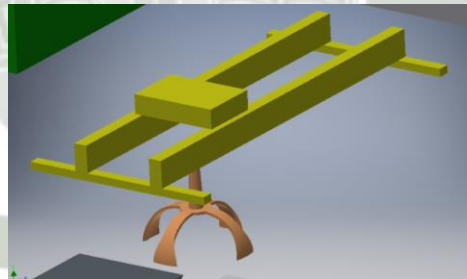
**D. Silo de Acopio.** – En este Silo se acumulará los residuos clasificados para poder incinerarlos. Estos silos deberán tener una capacidad de 160m<sup>3</sup> por cada uno. Considerar que los residuos tendrán un pre-secado en esta fase.



**Figura N°19 – Silos de Acopio de RSC**

Fuente: Elaboración propia.

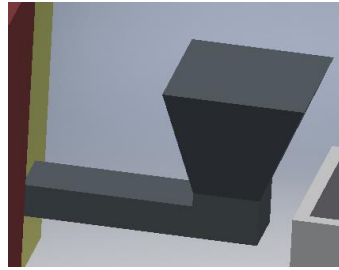
**E. Puente Grúa con Garras de Arrastre.** - Este sistema será el encargado de suministrar los residuos a la tolva de alimentación desde los silos de Acopio. El cual será controlado a nivel de piso mediante un control remoto, debido que sería inseguro poner una cabina en la parte superior, esto debido a los gases que emanan los RSC.



**Figura N°20 – Puente Grúa especial para RSC**

Fuente: Elaboración propia.

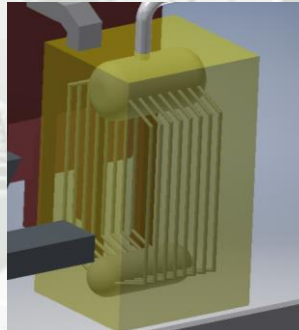
**F. Tolva de Alimentación.** – En esta etapa se tendrá que realizar dos puntos importantes; alimentar los residuos sólidos mediante una cinta transportadora metálica de garras y de dar un secado con el calor irradiado del incinerador.



**Figura N°21 – Tolva de Alimentación de RSC**

Fuente: Elaboración propia.

**G. Incinerador / Caldero.** - En este componente se realizará la incineración de los residuos sólidos y hospitalarios, que son alimentados por la cinta transportadora metálica. Y donde el calor será transferido al Agua mediante un intercambiador de calor, produciendo vapor a alta presión y temperatura en el domo superior. Los RSC serán reducidos en volumen, los cuales serán transportados mediante un tornillo sin fin que está ubicado en la parte inferior del incinerador, los cuales serán trasladados hacia otra cámara de recolección de residuos, para su posterior disposición final.



**Figura N°22 – Incinerador & Caldero**

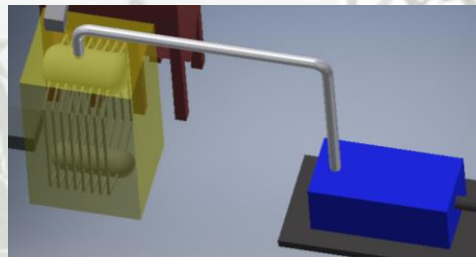
Fuente: Elaboración propia.

**H. Turbina de Vapor.** – En la turbina el vapor generado en el intercambiador de calor (Generador de Vapor) servirá para dar movimiento al eje de la turbina mediante la expansión del Vapor. La cual tendrá las siguientes características:

- Es de Carcaza simple y rotor rígido.
- Potencia de Salida desde 3 hasta 12 MW.
- Presión de entrada de hasta 65 bar

- Temperatura de entrada de hasta 480°C
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 10 bar a condensación de hasta 1 bar.
- Área de escape 0.22m<sup>2</sup>
- Velocidad de Giro de hasta 7500 RPM
- Presenta un reductor de velocidad el cual trabaja en el rango de 1500 a 1800 RPM
- Presenta escape radial
- Sistema de Aceite integrado en la base de la estructura
- Tuberías de aceite y vapor separados
- Es de arranque rápido sin precalentamiento.

La turbina esta empaquetada en un diseño montada sobre patín (también puede estar montada sobre aceite). Para el accionamiento del generador presenta una caja reductora el cual esta acoplada a la turbina.

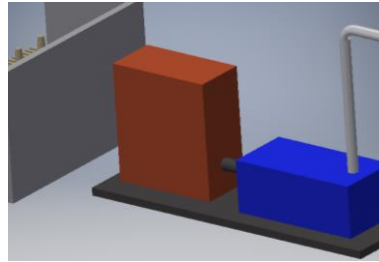


**Figura N°23 – Representación de la Turbina de Vapor**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura N°24 – Turbina de Vapor acoplada al reductor de velocidad.**  
Fuente: Catalogo del Fabricante SIEMENS (Anexo 03)

- I. **Generador Eléctrico.** – Este tendrá la función de convertir la energía Mecánica de movimiento generado por la turbina en Energía Eléctrica.



**Figura N°25 – Representación del Generador Eléctrico**

**Fuente:** Elaboración propia.

El cual está compuesto en el sistema que brinda el fabricante SIEMENS (Anexo 03); se utilizara el Generador de la serie SGEN6-100A-2P y presenta las siguientes características:

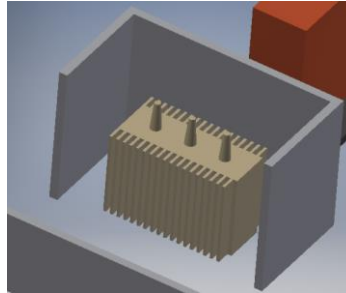
- Presenta un reductor de velocidad para ser accionado.
- La velocidad de giro está en el rango de 1500 a 1800 RPM
- Es un Generador Síncrono Trifásico bipolar.
- Es enfriado por aire el bobinado del estator y del rotor.
- Trabaja en frecuencia de 60Hz.
- Presenta una eficiencia del 98.9%
- La excitación sin escobillas.
- Factor de Potencia diseñado para 0.85
- Potencia aparente desde 25 hasta 370 MVA
- La tensión de salida es de 6.3 kV a 20 kV.



**Figura N°26 – Generador Eléctrico – SGEN6-100A-2P.**

**Fuente:** Catalogo del Fabricante SIEMENS (Anexo 03)

**J. Transformador de Potencia.** - Tendrá la función de elevar la tensión del Generador Eléctrico. Deberá ser del tipo seco para proteger así el medio ambiente y evitar el uso de aceites.

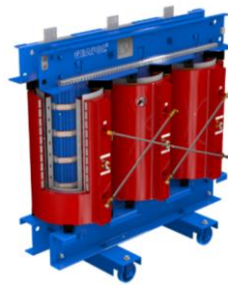


**Figura N°27 – Representación del Transformador de Potencia**

**Fuente:** Elaboración propia.

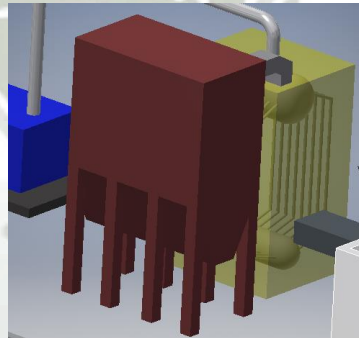
El transformador de Potencia que se utilizará en la Planta será el modelo GEAFOL del fabricante SIEMENS (Anexo 03); el cual presenta las siguientes características:

- Es un Transformador trifásico seco.
- La tensión en el primario será desde 6 kV.
- La tensión en el secundario será de hasta 45 kV.
- La Potencia Nominal de 9.7 MVA
- Clase climática: C2
- Clase de Ambiente: E2
- Clase de Incendio: F1
- Grado de Protección: IP23
- Temperatura Máxima: 60°C
- Temperatura media Anual: 20°C
- Adecuado para atmosféricas agresivas y cargadas de sal
- Presentará conexión estrella en el lado de Generación – MT
- Presenta conexión delta en el lado de Transmisión – AT



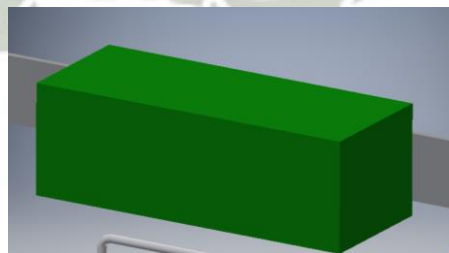
**Figura N°28 – Transformador de Potencia – GEAFOL**  
Fuente: Catalogo del Fabricante SIEMENS (Anexo 03)

- K. Tratamiento de Gases Generados.** – Este equipo tendrá la función de tratar químicamente con cal viva a los gases generados y de recolectar partículas suspendidas en los gases calientes.



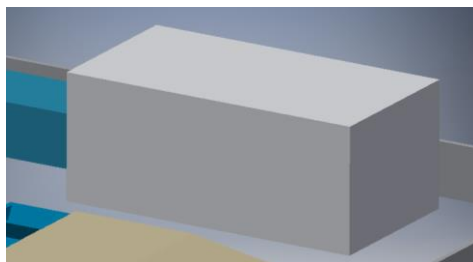
**Figura N°29 – Equipo de Tratamiento de Gases Generados**  
Fuente: Elaboración propia.

- L. Sala de Control.** – Esta sala tendrá los equipos y sistemas necesarios para el control y el buen funcionamiento de la Planta de Generación Eléctrica.



**Figura N°30 – Sala de Control Eléctrico**  
Fuente: Elaboración propia.

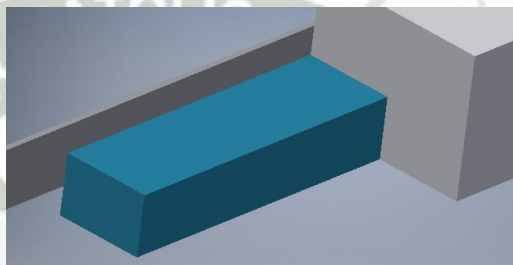
- M. Oficinas Administrativas.** – En esta Instalación se tendrá al personal que está a cargo de la Gestión de la Planta Generadora de Energía Eléctrica



**Figura N°31 – Oficinas Administrativas**

**Fuente:** Elaboración propia.

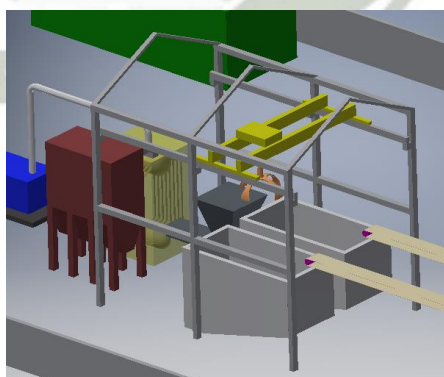
- N. Taller de Mantenimiento.** – Esta área será destinada únicamente para equipos, herramientas y tareas de mantenimiento y tener un Almacén para el buen funcionamiento de la planta Generadora de Energía Eléctrica.



**Figura N°32 – Taller de mantenimiento Mecánico y Eléctrico**

**Fuente:** Elaboración propia.

- O. Nave Industrial.** – Sera la encargada de proteger el puente grúa, tolva de alimentación y evitara que se humedezca los residuos sólidos que están depositados en los silos de almacenamiento.



**Figura N°33 – Nave Industrial – Estructura metálica**

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2. CALCULO DEL PODER CALORÍFICO DE LOS RSC

Comenzaremos describiendo la composición Físico Químico de los residuos sólidos, tales como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°12** – Composición física de los residuos

COMPONENTE	COMPOSICIÓN FÍSICA (% PESO, BASE SECA)
MATERIA ORGÁNICA	60%
PLÁSTICOS	18%
CARTÓN	7%
PAPEL	4%
TEXTILES	4%
VIDRIO	3%
METALES	0%
OTROS	4%

**Fuente:** Informe de Residuos sólidos Comunes 2008

Para poder calcular de forma estimada la composición química de los residuos, se utilizan tablas que determinan el porcentaje de Carbono (C), Hidrogeno (H), Oxigeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) y cenizas, de los componentes típicos de los residuos.

Donde el Cálculo de la Humedad se realiza experimentalmente de la siguiente manera:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso en Humedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso en Humedo de la muestra}} \times 100 \dots \dots \dots (3.1)$$

Este sistema es el más fiable y más comúnmente utilizado.

C

Componente	Comp. Física (% Peso, base seca)	Análisis Ultimo del Componente (% peso, Base seca)					
		C	H	O	N	S	Cenizas
<b>Materia Orgánica</b>	60%	48	6.4	37.6	2.6	0.4	5
<b>Plásticos</b>	18%	60	7.2	22.8			10
<b>Cartón</b>	7%	44	5.9	44.6	0.3	0.2	5
<b>Papel</b>	4%	43.5	6	44	0.3	0.2	6
<b>Textiles</b>	4%	55	6.6	31.2	4.6	0.2	2.5
<b>Vidrio</b>	3%	0.5	0.1	0.4			98.9
<b>Metales</b>	0%	4.5	0.6	4.3			90.5
<b>Otros</b>	4%	26.3	3	2	0.5	0.2	68
<b>Composición química RSC</b>		47.68	6.18	32.88	1.8	0.28	11.18
<b>Humedad (% peso)</b>		59					

Humedad de los residuos Solidos

Fuente: Informe de residuos sólidos comunes 2008

### 3.2.1. Composición Química de los Residuos

Por lo que es necesario diferenciar en un combustible el poder calorífico inferior (PCI) y el poder calorífico superior (PCS). La diferencia entre ambos radica básicamente en la energía asociada a la condensación del vapor de agua contenido en los gases de la combustión.

Dado que por condiciones medioambientales no se puede alcanzar una temperatura de los gases de 0 °C, donde se aprovecharía el calor de cambio de estado del agua (597kcal / kg vapor de agua condensador), el pci tiene un significado mayor para el cálculo del potencial energético de los residuos.

Existen dos formas para el cálculo del pci: el método analítico y el método práctico.

*El analítico consiste* en sumar los poderes calóricos de los elementos principales que forman la muestra de basura, ponderados por su fracción en peso, descontando de la cantidad de hidrógeno total la que se encuentra ya combinada con el oxígeno. Para ello se utilizan los datos provistos por el análisis último. Por ejemplo, si se tiene la composición de un combustible en base seca, el pci se puede calcular de la siguiente manera:

$$PCI \left[ \frac{kcal}{kg} \right] = 8.14 \times C + 29.0 \times \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2.22 \times S - 600 \times H_2O \dots \dots \dots (3.2)$$

Donde:

- PCI = Poder Calorífico Inferior
- C = Carbono
- H = Hidrogeno
- O = Oxígeno
- S = Azufre
- H<sub>2</sub>O = Agua

El método práctico consiste en calcular el pci a partir del valor del PCS hallado mediante el ensayo de poder calórico. Para poder hallar el pci basta con restarle el calor de cambio de estado del agua. Para ello se precisa conocer la cantidad de H del combustible (se obtiene del análisis último) y la humedad (análisis próximo). La ecuación resultante es la siguiente:

$$PCI \left[ \frac{kcal}{kg} \right] = PCS \left[ \frac{kcal}{kg} \right] - 597 \times (9 \times H + H_2O) \dots \dots \dots (3.3)$$

Donde:

- PCI = Poder Calorífico Inferior
- PCS = Poder Calorífico Superior
- H = Hidrogeno
- H<sub>2</sub>O = Agua

Típicamente un valor aproximado del PCI de los RSC es de:

$$PCI = 9 \text{ a } 11 \frac{MJ}{kg} = 2150 \text{ a } 2627 \frac{Kcal}{kg}$$

### 3.3. DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Para tener una referencia práctica presentamos el siguiente cuadro:

C	TIPO	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
u	Residuos sin Compactar	168 – 337
a	Residuos compactados en vehículo de recogida	842 – 1179
d	Residuos compactados en vehículo de recogida y después vertidos	589 – 674
r	Residuos Compactados con prensa de papel	800 1200
o	Residuos Compactados con prensa de metales	2694 – 3368
N		
o		

14 – Densidad de los Residuos Solidos

**Fuente:** Procedencia HANDBOOK OF ENVIRONMENTAL CONTROL, CRC



Para el tema de diseño utilizaremos el valor medio Residuos compactados en Vehículo de recogida y después vertidos dándonos 630 Kg/m<sup>3</sup> o 0.63 Ton/m<sup>3</sup>

### 3.4. CALCULO DE GENERACIÓN DE RSC Y ÁREA DE ACOPIO PARA LOS RSC

Como podemos revisar en Arequipa generamos:

**Cuadro N°15** – Generación de Residuos Sólidos en Arequipa

TIPO	CANTIDAD (Ton/día)
RSC	681.00
Residuos Hospitalarios	4.27
Total	685.27

Fuente: Elaboración Propia

De donde solo **Utilizaremos el 30%** para un inicio; dándonos **206 Ton/día**.

$$\text{Generacion de RSC} = 206 \frac{\text{Ton}}{\text{dia}} * \frac{1\text{dia}}{24\text{hr}}$$

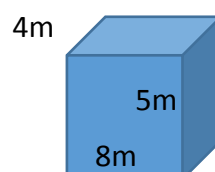
$$\text{Generacion de RSC} = 8.58 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}}$$

Además, que se proyecta instalar otras plantas en otras zonas de la Ciudad, para poder captar la mayor cantidad de acopio de los RSC.

Por lo que debemos de tener el siguiente volumen para acopio:

$$\text{Vol. Acopio} = \frac{206 \frac{\text{ton}}{\text{dia}}}{0.63 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}} = 327 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

El cual será dividido en 02 silos o fosas de 160 m<sup>3</sup> aproximadamente. Y tendrá las siguientes dimensiones:



Por lo que para la zona de acopio necesitaremos que también exista un espacio entre ellas de 1.5 metros; por lo que la zona de acopia deberá ser:

$$\text{Zona de Acopio} = ((4 + 1) * 4) * (8 + 1.5)$$

$$\text{Zona de Acopio} = 190 \text{ m}^2$$

### 3.5. CALCULO DE CAPACIDAD DE PULPO DE ARRASTRE

Para esta parte utilizaremos los siguientes datos:

- Se tendrá 02 fosas de recepción de RSC, con capacidad de 160 m3 cada una.
- Se instalará 01 Puentes grúas por cada 02 fosas de acopio.
- Se realizará cada carga en lapsos de 5 minutos por lo que por hora nos da 12 operaciones de carga.
- Se considera como factor de llenado del 80 %
- Consideramos que el pulpo de arrastre brinde una compresión de 380 kg/m3

Realizando el cálculo respectivo:

$$\frac{8.58 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}} \times \text{carga}}{0.38 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 12 \frac{\text{Cargas}}{\text{hr}} \times 0.8} = 2.35 \text{ m}^3$$

Elegimos pulpo con Garras semi cerrados para 2.35 m3, revisando la Tabla de Pulpos de la Marca LIEBHERR elegimos el modelo GMM 120-4

Tabla N°01 – Tabla de Garra semi cerrados del Fabricante LIEBHERR

Pulpo de 4 garras	Capacidad m <sup>3</sup>	A mm	B mm	C ø mm	D ø mm	E ø mm	Peso kg		
							garras/valvas abiertas	garras/valvas semi-cerradas	garras/valvas cerradas
<b>GM 64 (Clase: 20 - 30 t)</b>									
	0,4	1.670	1.960	1.705	2.000	1.265	845	1.055	1.060
	0,6	1.710	2.100	2.040	2.310	1.390	1.130	1.330	1.520
<b>GM 69 (Clase: 20 - 47 t)</b>									
	0,8	1.890	2.400	2.280	2.540	1.600	1.345	1.535	1.900
	1,1	1.880	2.400	2.290	2.595	1.770	1.395	1.640	2.060
<b>GMM 80-4 (Clase: 47 - 71 t)</b>									
	1,1	2.145	2.520	2.420	2.715	1.800	1.950	2.130	-
	1,4	2.120	2.595	2.550	2.865	1.915	1.990	2.195	-
	1,7	2.145	2.655	2.660	3.005	2.075	2.050	2.250	-
<b>GMM 120-4 (Clase: 71 - 100 t)</b>									
	1,7	2.270	2.830	2.770	3.100	2.100	2.200**	2.500**	-
	2	2.285	2.865	2.855	3.190	2.235	2.260**	2.550**	-
	2,5	2.325	2.970	3.050	3.390	2.335	2.315**	2.635**	-
	3	2.365	3.070	3.230	3.585	2.430	2.365**	2.740**	-

Fuente: Catalogo LIEBHERR (Anexo 01)

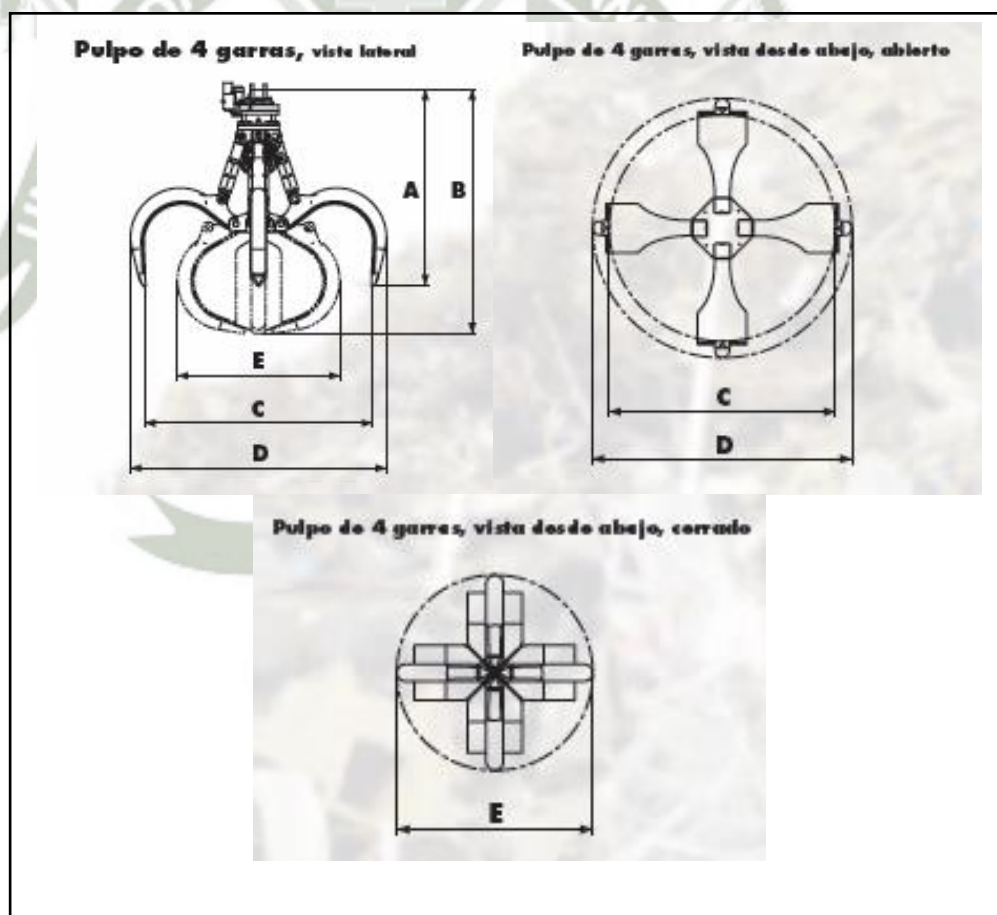


Figura N°34 – Pulpo de 4 garras  
Fuente: Catalogo LIEBHERR (Anexo 01)

### 3.6. CALCULO DE PUENTE GRÚA

Para esta parte utilizaremos los siguientes datos:

- Peso del Pulpo es de 2.63 Ton.
- La densidad de los RSC es de 0.630 Ton/m<sup>3</sup>
- El pulpo va a cargar 2.35 m<sup>3</sup> por cada movimiento de alimentación a la tolva de incineración.
- Por factor de Carga de Arrastre de Elevación le agregamos el 20%.

Realizando el cálculo respectivo:

$$\left( 2.63 \text{ Ton} + \left( 0.630 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \times 2.35 \text{ m}^3 \right) \right) \times 1.2 = 4.9 \text{ Ton}$$

Ahora vemos en catálogo del Fabricante PUENTE GRUA GH utilizando el peso de 5.0 Ton.

Tabla N°02 – Tabla de Puentes Grúa del Fabricante GH

TABLAS DE SELECCIÓN

GRÚAS CON APAREJO ELECTROHIDRÁULICO

Tipo de Reductora	Capacidad tn.	Pulpo o Cuchara m³	Grupo de Trabajo*	Luz del Puente (m)	Recorrido Gancho (m)	Velocidad de Elevación (m/min)	Velocidad del Carro (m/min)	Velocidad del Puente (m/min)
GHF	3,2	2 - 2,5	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80
	4	2,5	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80
	5	3 - 3,5	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 38	20 - 40	40 - 80
	6,3	4 - 4,5	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 38	20 - 40	40 - 80
GHG	8	5 - 6	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80
	10	8 - 9	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80
	12	8 - 9	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80
GHI	13,5	10	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 50	20 - 40	40 - 80
	15	10 - 12	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80

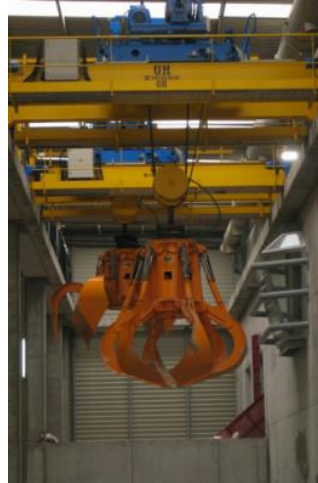
\* La experiencia nos indica que para este tipo de instalaciones, se recomienda la instalación de grupos de trabajo M7 ó M8.

TABLA DE PUENTES GRÚA RSU

TABLA DE SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO

Tipo Reduc.	Cap. carga Tn	Carril	H m	Vel. Elev. m/min	Grupo FEM	Luz Puente m	Pulpo Cuchara m³	Apert. Máx. Pulpo	b1 mm	b2 mm	A mm	B mm	E E/C mm	F E/C mm	G mm	RV Máx Kg	RV Min Kg	RT Máx Kg	RF Kg
GHF	3,2	A-65	10÷30	16÷40	M8	2÷2,5	3075	1537	1538	3085	1650	2800	5000	5565		3456	2069	346	484
																4547	2053	455	637
																5644	2781	564	790
																6518	3472	652	913
																7751	4594	775	1085
	5	4	10÷30	16÷40	M8	3	3075	1537	1538	3085	1650	2800	5000	5565		3733	2192	373	523
	4885															2115	489	684	
	6003															2822	600	840	
	7303															3917	730	1022	
	8127															4618	813	1138	
	5	5	10÷30	16÷38	M8	3÷3,5	3280	1640	1640	3345	1650	2800	5000	5565		4071	2480	407	570
	5367															2259	537	751	
	6532															2918	653	914	
	7856															3989	78	1100	
	8832															4813	883	1237	
	5	6,3	10÷30	16÷38	M8	4÷4,5	3650	1825	1825	3585	1650	2800	5000	5565		4598	3052	460	643
	6430															2795	643	900	
	7666															3334	767	1073	
	8813															4132	881	1233	
	9817															4928	982	1374	

Fuente: Catalogo de GH (Anexo 02)



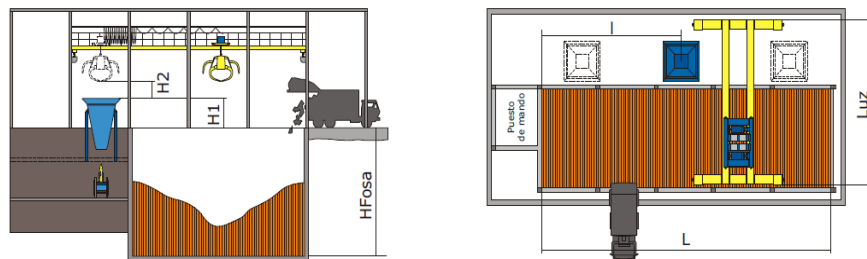
**Figura N°35 – Puente Grúa con Garras Semi cerrados**  
Fuente: Catalogo de GH (Anexo 02)

De donde tenemos como dato:

- La luz del Puente: 10 m

Ya que tenemos que considerar un espacio adicional cuando baje las garras para tareas de Mantenimiento; por lo que la luz del puente grúa debe ser mayor a la de los silos.

■ PLANO REPRESENTATIVO



**Figura N°36 – Altura de Puente Grúa con Garras Semi cerrados**  
Fuente: Catalogo de GH (Anexo 02)

Calculamos la Altura del Puente Grúa, según formulas del Fabricante:

$$\text{Altura del Puente Grúa} = H1 + H2 + \frac{2}{3} * H_{foso} \dots \dots \dots (3.4)$$

Donde:

H1 = Altura entre parte superior del foso y parte superior de la tolva

H2=Distancia entre el pulpo cerrado y elevado y la parte superior de la tolva (se recomienda H2 >= 1m)

H<sub>foso</sub>=Altura del Foso

$$\text{Altura del Puente Grúa} = 0 + 1 + \frac{2}{3} * 5$$

$$\text{Altura del Puente Grúa} \geq 5.3m$$

Por lo que la altura del Puente Grúa deberá tener como mínimo 5.3m; por lo que escogemos 6 m.

### 3.7. CALCULO DE TOLVA DE ALIMENTACIÓN

Para esta parte utilizaremos los siguientes datos:

- Se Utilizará 01 Tolvas para alimentar al Incinerador.
- La densidad de los RSC es de 0.630 Ton/m<sup>3</sup>
- Capacidad de incineración de 8.58 ton/hr

Realizando el cálculo respectivo:

$$\frac{8.58 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}}}{0.63 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}} = 13.62 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Por lo que elegiremos tolvas con capacidad de 14 m<sup>3</sup>/hr.

Se considera que una vez abierto el pulpo en su totalidad, los RSC caigan dentro de la tolva; asegurándonos que no se depositen en el exterior de la misma.

### 3.8. CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL INCINERADOR

Para esta parte utilizaremos los siguientes datos:

- Se Utilizará como PCI de los RSC 2150 Kcal/kg.
- Se deberá incinerar 8.58 Ton/ hr.

#### 3.8.1. Flujo Másico de Aire

Para combustibles Solidos

$$Vol. \text{aire min.} = \frac{1.01 * PCI}{1000} + 0.5 \frac{m^3}{kg}$$

$$Vol. \text{aire min.} = \frac{1.01 * 2150}{1000} + 0.5 \frac{m^3}{kg}$$

$$Vol. \text{aire min.} = 2.6 \frac{m^3}{kg}$$

$$Vol. \text{aire requerido} = 2.6 \frac{m^3}{kg} * 8580 \frac{kg}{hr}$$

$$Vol. \text{aire requerido} = 22921.47 \frac{m^3}{hr}$$

#### 3.8.2. Diagrama de Combustión

##### 3.8.2.1. Potencia del Incinerador

$$Pot. \text{Incinerador} = 2150 \frac{kcal}{kg} * 8580 \frac{kg}{hr} * 4.1868 \frac{kJ}{kcal} * \frac{1}{3600} \frac{hr}{seg}$$

$$Pot. \text{Incinerador} = 21453.86 \text{ kw} = 21.45 \text{ Mw}$$

Definimos límites térmicos para el funcionamiento de nuestro Incinerador, según fabricante da las siguientes recomendaciones:

Las parrillas se diseñan para que durante cierto tiempo pueda funcionar al 110% de carga de Diseño.

Pero por otra parte no podrán actuar con menos del 60% de la carga de combustión.

### 3.8.2.2. Variación de la Potencia del Incinerador

$$Pot. Incinerador \min = 60\% * 21453.86 \text{ kw} = 12872.32 \text{ kw} = 12.87 \text{ Mw}$$

$$Pot. Incinerador \max = 110\% * 21453.86 \text{ kw} = 23599.25 \text{ kw} = 23.60 \text{ Mw}$$

### 3.8.2.3. Variación del PCI

Consideramos una variación del 20%

$$PCI \min = 2150 - 20\% = 1720 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$PCI \max = 2150 + 20\% = 2580 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

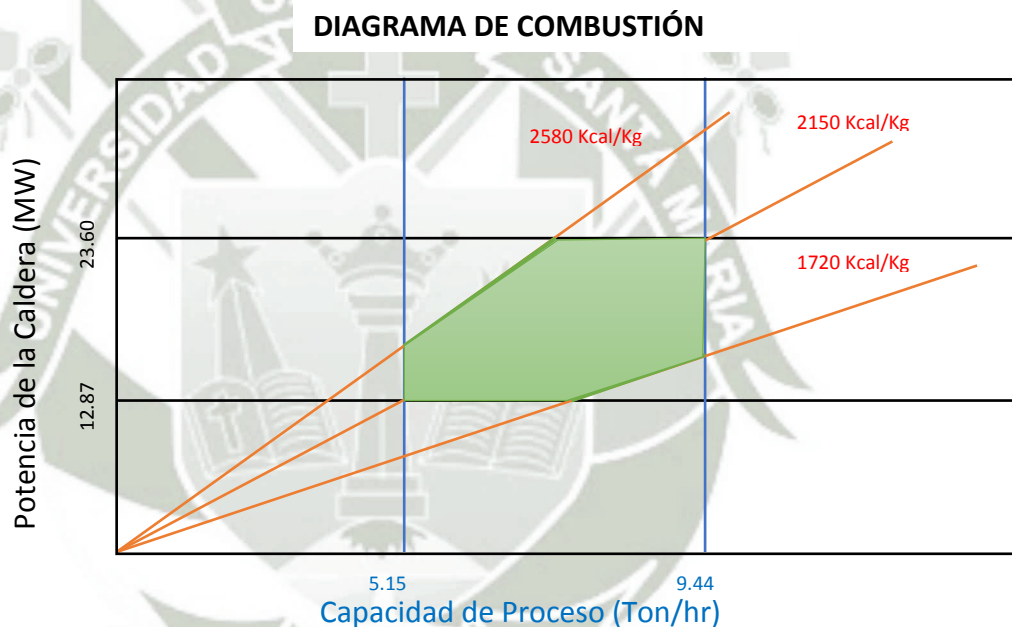
### 3.8.2.4. Variación de la Alimentación de RSC

$$RSC \text{ Alimentacion min.} = 8.58 * 60\% = 5.15 \frac{ton}{hr}$$

$$RSC \text{ Alimentacion max.} = 8.58 * 110\% = 9.44 \frac{ton}{hr}$$

### 3.8.2.5. Diagrama de Combustión

En función con los datos obtenemos, es que procedemos a realizar nuestro diagrama de Combustión; en el cual apreciaremos nuestra área de trabajo y pondremos límites y de operación.



**Figura N°37 – Diagrama de Combustión**

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos de la Potencia podemos seleccionar nuestra turbina de vapor, la cual debe estar en los siguientes parámetros:

- Pot. baja = 12.87 MW
- Pot. media = 21.40 MW
- Pot. alta = 23.60 MW

### 3.9. DISEÑO DE LA PLANTA DE GENERACIÓN DE VAPOR

#### 3.9.1. Ciclo de Vapor

Para esta parte del capítulo primero plantearemos el Ciclo de Vapor para así poder realizar los cálculos adecuados.

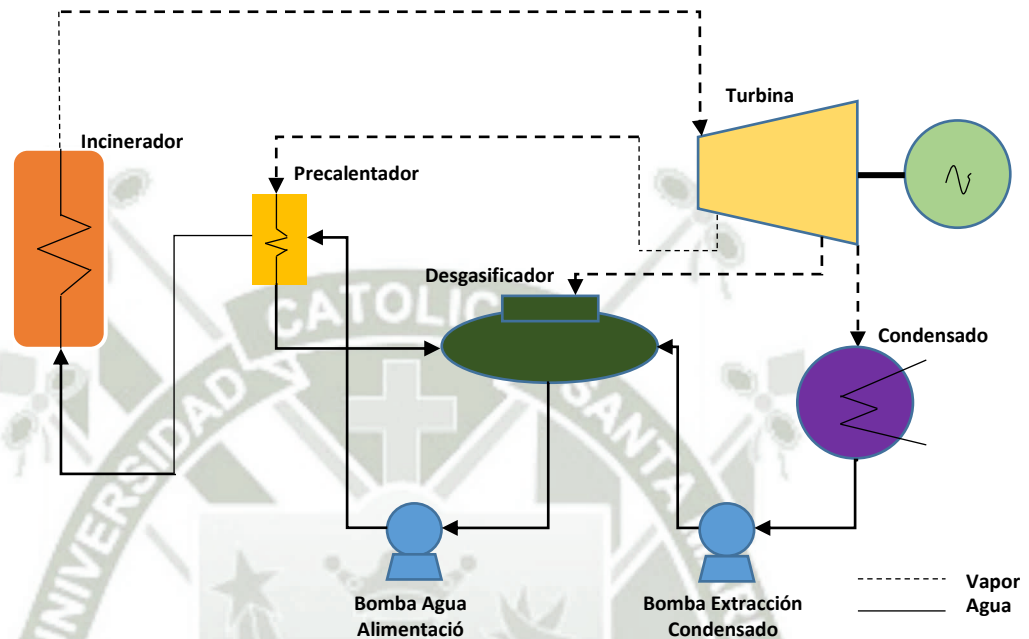


Figura N°38 – Ciclo de Generación de Vapor  
Fuente: Elaboración Propia

#### 3.9.2. Planteamiento de Hipótesis para el desarrollo de los Cálculos Justificados

A continuación, brindamos las siguientes Hipótesis:

- La Potencia que deberá de entregar el Incinerador será la Potencia Media Calcula anteriormente (Pot. media = 21.40 MW).
- La temperatura de agua de Alimentación a la caldera será de 150°C.
- La variación en el condensador cerrado es de 5°C.
- Eficiencia de la expansión Isoentrópica en la Turbina 80%
- Eficiencia mecánica turbina 90%
- Eficiencia del generador eléctrico 95%

- Eficiencia Generador de Vapor 90%

Con estas hipótesis realizamos el Cálculo de la Potencia Entregada.

Potencia Entregada por la Planta Térmica

Potencia Incinerador

$$Q_t = 21.45 \text{ MW}$$

Potencia Generador de Vapor

$$Q_A = Q_t \times \eta_{Gen.Vapor} \dots \dots \dots (3.5)$$

Donde:

$Q_t$  = Calor Total

$Q_A$  = Calor a Generar

$\eta_{Gen.Vapor}$  = Eficiencia del Generador de Vapor

$$Q_A = 21.45 \times 90\%$$

$$Q_A = 19.31 \text{ MW}$$

### 3.9.3. Diagrama del Ciclo Térmico

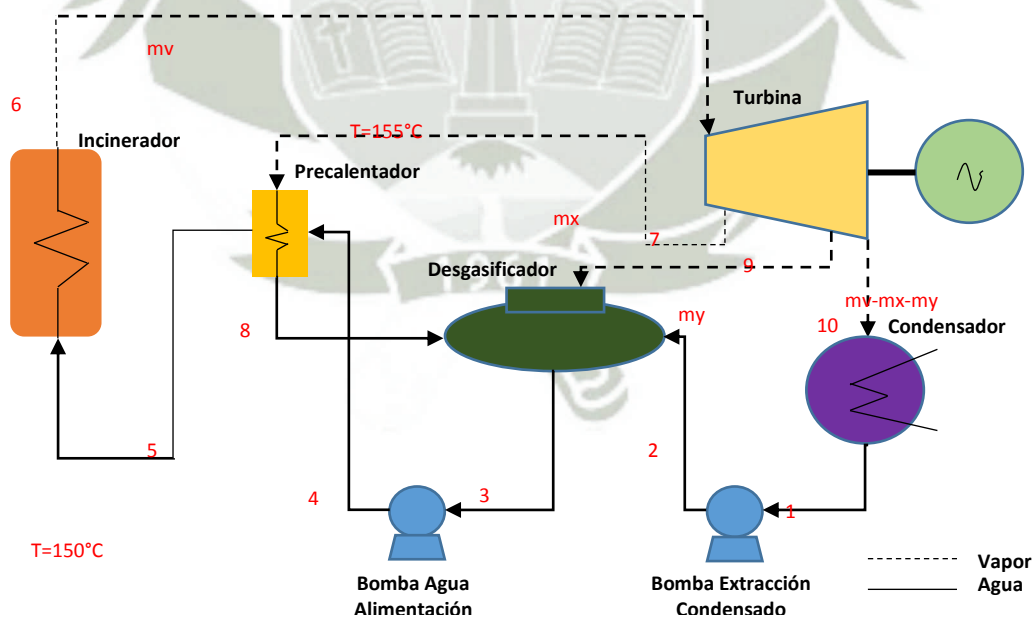


Figura N°39 – Identificación de Puntos en el Ciclo de Generación

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.4. Grafico Entalpia VS. Entropía

A continuación, elaboraremos el grafico de entalpias donde identificaremos cada punto del ciclo de vapor.

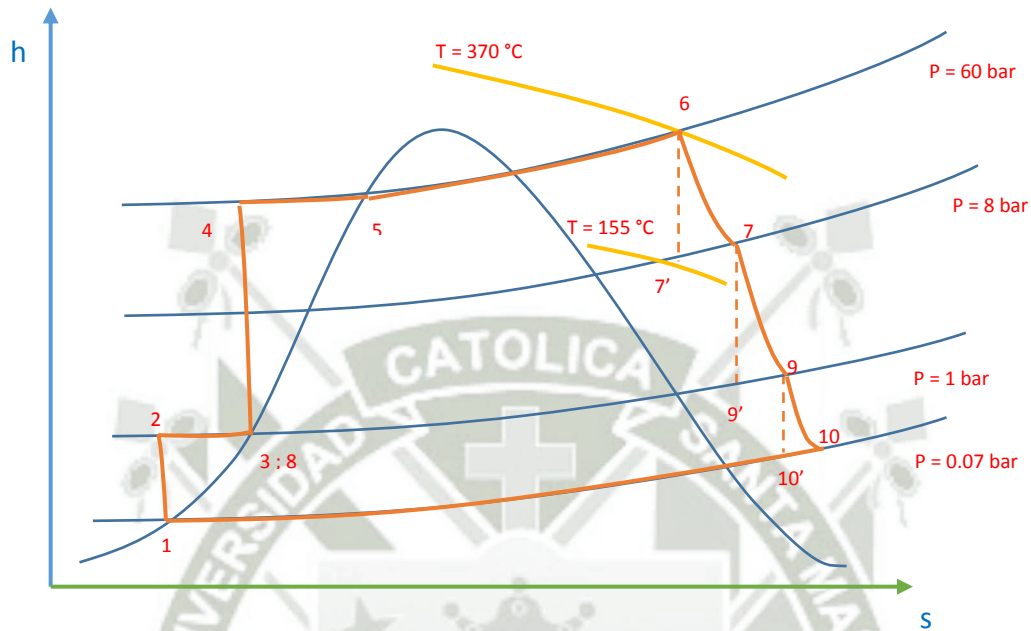


Figura N°40 – Grafica de Entalpia vs. Entropía  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.5. Cálculo de los Puntos identificados en el Ciclo Térmico

Iniciamos en el cálculo en la Turbina – Eficiencia de la Expansión Isoentrópica

$$Eficiencia\ Turbina = \frac{Sale}{Ingresa} \dots \dots \dots (3.6)$$

- a. Con los datos:
- Presión 6 = 60 bar
  - Temp. 6 = 430 °C

Obtenemos:

- $h_6 = 3253.50 \text{ kJ/kg}$

b. Sabiendo que:

- $T_2 = 155^\circ\text{C}$
- Proceso Isoentrópica

Obtenemos:

- $P_2 = 8 \text{ bar}$
- $h_2' = 2750 \text{ kJ/kg}$

Realizamos el Cálculo:

$$\eta_{\text{Expansion Turbina}} = \frac{h_6 - h_7}{h_6 - h_7'}$$

$$0.8 = \frac{3253.5 - h_7}{3253.5 - 2750}$$

$$h_7 = 2850 \text{ kJ/kg}$$

c. Sabiendo que:

- $h_7 = 2850 \text{ kJ/kg}$
- $P_9 = 1 \text{ bar}$
- Proceso Isoentrópica

Obtenemos:

- $h_9' = 2500 \text{ kJ/kg}$

Realizamos el Cálculo:

$$\eta_{\text{Expansion Turbina}} = \frac{h_7 - h_9}{h_7 - h_9'}$$

$$0.8 = \frac{2850 - h_9}{2850 - 2500}$$

$$h_9 = 2570.14 \text{ kJ/kg}$$

d. Con los datos:

- Presión Condensador 10 = 0.07 bar (7 KPa)
- Vapor Saturado

Obtenemos:

- Temp. 10 = 39°C
- $h_{10'} = 2530 \text{ kJ/kg}$

Realizamos el Cálculo:

$$\eta_{\text{Expansion Turbina}} = \frac{h_9 - h_{10}}{h_9 - h_{10'}}$$

$$0.8 = \frac{2570.14 - h_{10}}{2570.14 - 2530}$$

$$h_{10} = 2538.03 \text{ kJ/kg}$$

e. Con los datos:

- Presión 1 = Presión 10 = 0.07 bar

Obtenemos:

- $h_1 = 163.32 \text{ kJ/kg}$
- $v_{f1} = 0.001007 \text{ m}^3/\text{kg}$

f. Con los datos:

- Presión 2 = 1 bar
- Presión 1 = 0.07 bar
- $v_{f1} = 0.001007 \text{ m}^3/\text{kg}$

Realizamos el Cálculo:

$$h_2 = h_1 + v_{f1} (P_2 - P_1)$$

$$h2 = 163.32 + 0.001007 (1 - 0.07)$$

$$h2 = 163.321 \text{ kJ/kg}$$

g. Con los datos:

- Presión 3 = Presión 8 = 1 bar
- Líquido Saturado

Obtenemos:

- $h3 = h8 = 417.32 \text{ kJ/kg}$
- $Vf8 = 0.001043 \text{ m}^3/\text{kg}$

h. Con los datos:

- Presión 4 = 60 bar
- Presión 3 = 1 bar
- $Vf3 = 0.001043 \text{ m}^3/\text{kg}$

Realizamos el Cálculo:

$$h4 = h3 + Vf3 (P4 - P3)$$

$$h4 = 417.32 + 0.001043 (60 - 1)$$

$$h4 = 417.38 \text{ kJ/kg}$$

i. Con los datos:

- Presión 5 = 60bar
- Temp 5 = 195 °C

Obtenemos:

- $h5 = 831.66 \text{ kJ/kg}$

### 3.9.6. Cuadro Resumen

Cuadro N°16 – Cuadro resumen del Cálculo de Entalpias

ITEM	ENTALPIA (kJ/kg)	PRESION (Bar)
1	163.32	0.07
2	163.321	1.00
3	417.32	1.00
4	417.38	60.00
5	831.66	60.00
6	3253.50	60.00
7	2850.70	8.00
8	417.32	1.00
9	2570.14	1.00
10	2538.03	0.07

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.7. Cálculo del Flujo Másico

Por Proceso Estable y Flujo Estable (FEES).

$$Q \text{ ingresa} = Q \text{ sale} \dots \dots \dots (3.7)$$

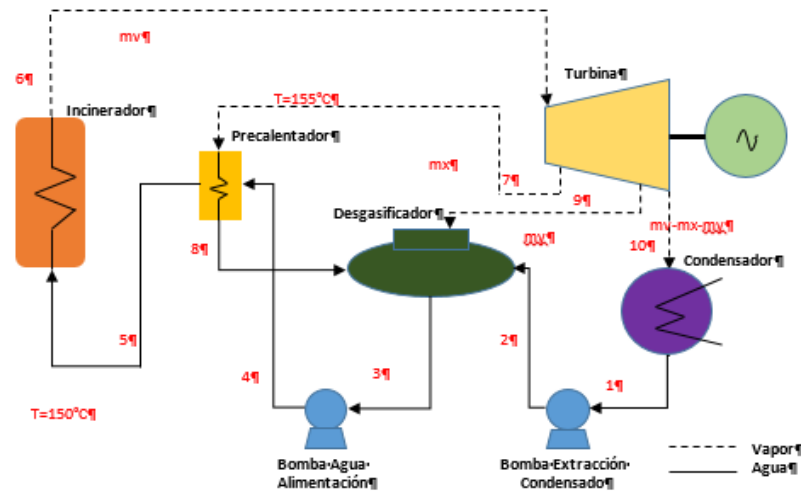


Figura N°41 – Derivación de Flujo másico

Fuente: Elaboración Propia

**3.9.7.1. Flujo Másico de Vapor (mv)**

$$Q_A = 19.31 \text{ MW}$$

$$Q_A = mv * \Delta h \dots \dots \dots (3.8)$$

Donde:

- Q<sub>A</sub> = Calor a Generar
- mv = Flujo masico de vapor
- Δh = Variacion de Entalpia

$$mv = \frac{Q_A}{h_6 - h_5}$$

$$mv = \frac{19310 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{3253.50 - 831.66}$$

$$mv = 7.97 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

**3.9.7.2. En el Pre calentador**

$$mx * h_7 + mv * h_4 = mx * h_5 + mv * h_{10}$$

$$mx * 2850.70 + (7.97 * 417.38) = (7.97 * 831.66) + mx * 417.32$$

$$mx = 1.35 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

**3.9.7.3. En el Desgasificador**

$$mx * h_8 + my * h_9 + (mv - mx - my) * h_2 = mv * h_3$$

$$(1.35 * 417.32) + (my * 2570.14) + (7.97 - 1.35 - my) * 163.321 = 7.97 * 417.32$$

$$my = 0.70 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

### 3.9.8. Trabajo de la Turbina

$$Wt = (h6 - h7) * mv + (h7 - h9) * (mv - mx) + (h9 - h10) * (mv - mx - my) \dots (3.30)$$

$$Wt = 7.97 * (3253.5 - 2850.7) + (7.97 - 1.35) * (2850.7 - 2570.14) + (7.97 - 1.35 - 0.70) * (2570.14 - 2538.03)$$

$$Wt = 5257.71 \frac{kJ}{kg}$$

### 3.9.9. Potencia que entrega el Generador Eléctrico

$$Pot_{Gen.Elect} = Wt * \eta_{mec Turb.} * \eta_{Gen.Elect} \dots \dots (3.9)$$

Donde:

$Pot_{Gen.Elect}$  = Potencia del Generador Electrico

$Wt$  = Trabajo de la Turbina de Vapor

$\eta_{mec Turb.}$  = Eficiencia mecanica de la Turbina

$\eta_{Gen.Elect}$  = Eficiencia del Generador Electrico

$$Pot_{Gen.Elect} = 5.26 MW * 90\% * 95\%$$

$$Pot_{Gen.Elect} = 4.5 MW$$

### 3.9.10. Calor Extraído en el Condensador

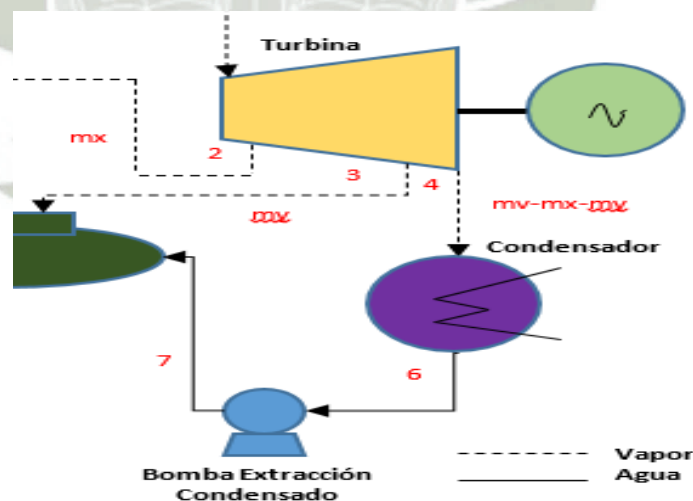


Figura N°42 – Calor extraído en el Condensador

Fuente: Elaboración propia

$$Q_b = (mv - mx - my) * (h_{10} - h_1)$$

$$Q_b = (7.97 - 1.35 - 0.70) * (2538.03 - 163.32)$$

$$Q_b = 14058.28 \text{ kW}$$

### 3.9.10.1. En el caso de Utilizar una Torre de Enfriamiento

$$Q_b = Q_g$$

$$Q_g = m_{h_2o} * C_{p_{H_2O}} * R$$

$$14058.28 = m_{h_2o} * 4.2 * 10$$

$$m_{h_2o} = 334.72 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} = 0.33 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

### 3.9.10.2. Potencia de la Bomba de Recirculación

- H Estática = 7m
- H perdida = 3m

$$Pot = \frac{\gamma * Q * H}{\eta}$$

$$Pot = \frac{9800 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * 0.33 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * (7 + 3)}{85\%}$$

$$Pot = 38047 \frac{\text{J}}{\text{seg}} = 38 \text{ Kw}$$

### 3.9.11. Trabajo de las Bombas Hidráulicas

#### 3.9.11.1. Bomba Agua de Alimentación

$$W_{BA} = mv * (h4 - h3)$$

$$W_{BA} = 7.97 * (417.34 - 417.32)$$

$$W_{BA} = 0.48 \text{ Kw}$$

#### 3.9.11.2. Bomba Extracción del Condensador

$$W_{EC} = (mv - mx - my) * (h2 - h1)$$

$$W_{EC} = (7.97 - 1.35 - 0.70) * (163.321 - 163.32)$$

$$W_{EC} = 0.006 \text{ Kw}$$

### 3.9.12. Consumo Especifico de Vapor (CEV)

$$CEV = \frac{mv}{Wn}$$

$$CEV = \frac{7.97 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hr}}}{4500 \text{ kW}}$$

$$CEV = 6.38 \frac{\text{kg}}{\text{kW} - \text{hr}}$$

### 3.9.13. Consumo Especifico del Combustible (CEC)

$$CEC = \frac{mc}{Wn}$$

$$CEC = \frac{8580 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}}{4500 \text{ kW}}$$

$$CEC = 1.91 \frac{\text{kg}}{\text{kW} - \text{hr}}$$

### 3.9.14. Eficiencia del Ciclo

$$\eta_{ciclo} = \frac{\sum W_t - \sum W_b}{Q_A} * 100\%$$

$$\eta_{ciclo} = \frac{5257.77 \text{ kW} - (0.48 + 0.006) \text{ kW}}{19310 \text{ kW}} * 100\%$$

$$\eta_{ciclo} = 27.23\%$$

### 3.9.15. Eficiencia de la Planta

$$\eta_{planta} = \frac{W_n}{Q_t} * 100\%$$

$$\eta_{planta} = \frac{4.5 \text{ MW}}{21.45 \text{ MW}} * 100\%$$

$$\eta_{planta} = 21\%$$

Otra Forma de calcular la Eficiencia de la Planta es por:

$$\eta_{planta} = \eta_{ciclo} * \eta_{mec.Turbina} * \eta_{Generador} * \eta_{Gen.Vapor}$$

$$\eta_{planta} = 27.23\% * 90\% * 95\% * 90\%$$

$$\eta_{planta} = 20.95\%$$

### 3.9.16. Selección de la Turbina de Vapor

Con los datos obtenidos, revisamos el catalogo del Fabricante SIEMENS el cual está en el Anexo N°03, y obtenemos los siguientes valores:

**Tabla N°03 – Modelos de Turbina de Vapor Industriales**

Modelo	Parámetros de vapor (hasta máx.)	Potencia (MW)												
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	250			
SST-100	65 bar, 480 °C													
SST-150	103 bar, 505 °C													
SST-200	110 bar, 520 °C													
SST-300	120 bar, 520 °C													
SST-400	140 bar, 540 °C													
SST-500	30 bar, 400 °C	Doble flujo												
SST-600	140 bar, 540 °C													
SST-700	165 bar, 585 °C	Carcasa dual / con o sin recalentamiento												
SST-800	140 bar, 540 °C	Admisión central												
SST-900	165 bar, 585 °C	Carcasa simple / sin recalentamiento					Carcasa dual / con recalentamiento							

Fuente: Catalogo SIEMENS (Anexo 03)

Donde escogemos el Modelo SST-100, ya que nos brinda una Potencia de hasta 8.5 MW.



SST-100 (hasta 8,5 MW)

**Figura N°43 – Turbina de Vapor Industrial – SST 150**

Fuente: Elaboración propia

Y obtenemos los siguientes datos:

- Potencia entregada de hasta 8.5 MW
- Presión de Entrada de hasta 65 bar
- Temperatura de entrada de hasta 480 °C

- Velocidad de Giro de hasta 7500 RPM
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 10 bar o condensación de hasta 1 bar
- Área de escape 0.22 m<sup>2</sup>

### 3.10. TRATAMIENTO DE GASES GENERADOS

Para el tratamiento y depuración de gases a la salida del Incinerador usaremos el como primera etapa un ciclón para atrapar las partículas de tamaños superior a 5 micras y después de estos utilizaremos un sistema semiseco para las partículas de menor tamaño y depurar los gases al medio ambiente.

Por lo que tendremos que seleccionar el ciclón adecuado; y que cumpla con los siguientes requisitos:

- ✓ Vol. aire min = 22921.47 m<sup>3</sup>/hr
- ✓ Capacidad de Incineración = 8.58 Ton/hr.

Recordando que la eficiencia del método de Incineración es del 80 %; indica que un 20% son residuos, por lo que para nuestros cálculos asumiremos ese valor como el que deberá de filtrar el ciclón.

#### 3.10.1. Cantidad de Material a Filtrar en el Ciclón

$$\text{Cantidad de Material a Filtrar} = 8.58 \frac{\text{ton}}{\text{hr}} * 20\% = 1.72 \frac{\text{ton}}{\text{hr}}$$

### 3.10.2. Selección del Ciclón

Revisando el catalogo del Anexo N°04:








	FS/FD	MJB MJB/A/H/G	MJC	FMC	FMK	MJC mini	Silosafe
							
<b>Application</b>	All foundry applications incl. hot gases from the melting process	All foundry applications incl. hot gases from the melting process	Sand plants, and metal finishing	Sand plants, metal finishing and downstream operations	Sand plants, metal finishing and downstream operations	Grinding and machining	Designed specifically for silo and bin venting applications
<b>Air flow m<sup>3</sup> / h</b>	6,000 - 275,000 multiple units for higher air volumes	750 - 225,000 multiple units for higher air volumes	2,000 - 75,000 multiple units for higher air volumes	5,300 - 21,000 multiple units for higher air volumes	1,800 - 10,500 multiple units for higher air volumes	250 - 2,000	1,250
<b>Filter area</b>	102 - 2,310 m <sup>2</sup>	7 - 1,870 m <sup>2</sup>	40 - 739 m <sup>2</sup>	32 - 128 m <sup>2</sup>	15 - 88 m <sup>2</sup>	4 - 40 m <sup>2</sup>	24 m <sup>2</sup>
<b>Placement</b>	In-/Outdoor	In-/Outdoor	In-/ Outdoor	In-/Outdoor	In-/Outdoor	Indoor	In-/Outdoor

Figura N°44 – Modelos de Ciclón Industrial NEDERMAN

Fuente: Catalogo NEDERMAN (Anexo N°04)

#### 3.10.2.1. Seleccionamos el Modelo

Seleccionamos el modelo MJB

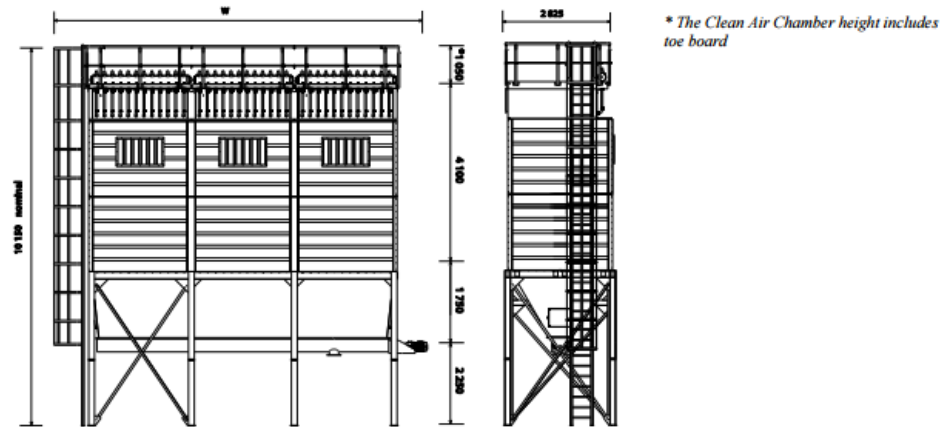
Que trabaja en el Rango de 750 a 225000 m<sup>3</sup>/hr

Tabla N°04 – Modelos del Ciclón Industrial MJB

MJB-A/H/G

Nederman

**MJB-A and MJB-G Planning in**



*Hopper heights are typical values for 55° valley angle trough hopper*

MJB-A unit	Filter area [m <sup>2</sup> ]	no. of valves [pcs.]	Width W [mm]	No. of tanks [pcs.]	Filter weight excluding hopper [kg]	Typical weight of hopper [kg]	Number & size of sections			Compressed air consumption Nm <sup>3</sup> /h at 5.5 bar
							8 valves	10 valves	12 valves	
MJB 158/A/8-10	158	8	3585	1	3417	1367	1	-	-	32.4
MJB 198/A/10-10	198	10	4015	1	3890	1556	-	1	-	40.5
MJB 238/A/12-10	238	12	4445	1	4367	1747	-	-	1	48.6
MJB 317/A/16-10	317	16	5520	2	5835	2334	2	-	-	48.6
MJB 356/A/18-10	356	18	5950	2	6308	2523	1	1	-	48.6
MJB 396/A/20-10	396	20	6380	2	6781	2712	-	2	-	48.6
MJB 435/A/22-10	435	22	6810	2	7258	2903	-	1	1	48.6
MJB 475/A/24-10	475	24	7240	2	7735	3094	-	-	2	48.6
MJB 515/A/26-10	515	26	7885	3	8726	3490	2	1	-	97.2
MJB 554/A/28-10	554	28	8315	3	9199	3680	1	2	-	97.2
MJB 594/A/30-10	594	30	8745	3	9672	3869	-	3	-	97.2

Fuente: Catalogo NEDERMAN (Anexo N°04)

**3.10.2.2. Seleccionando el Modelo**

Seleccionamos el siguiente modelo debido a la cantidad a filtrar, el cual es:

✓ MJB 317-/A/16-10

**3.10.3. Cantidad de Cal**

Para el tratamiento de los gases se utilizará cal en forma de aspersión, la que será inyectada antes de ingresar al ciclón (separador de partículas).

Por lo que la relación a emplear recomendada será de 50 gr por cada 10 litros.

Se inyectará 20 litros por segundo en 4 puntos.

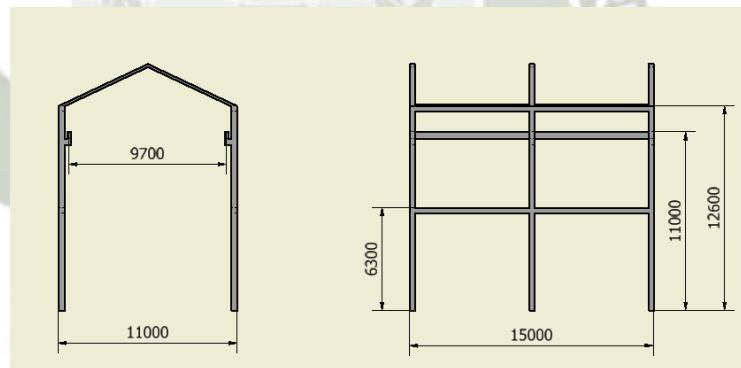
Por lo que cantidad de Cal necesaria será:

$$Cal = 5 \frac{gr}{litro} * 20 \frac{Litro}{seg} * 3600 \frac{seg}{hr} * 1 \frac{kg}{1000gr}$$

$$Cal = 360 \frac{kg}{hr}$$

### 3.11. CALCULO DEL TECHO INDUSTRIAL

Para esta parte definiremos primero las dimensiones básicas y cargas a considerar para el cálculo respectivo. Por lo que usamos el siguiente esquema básico (unid en mm):



**Figura N°45 – Esquema básico de la Estructura Metálica**

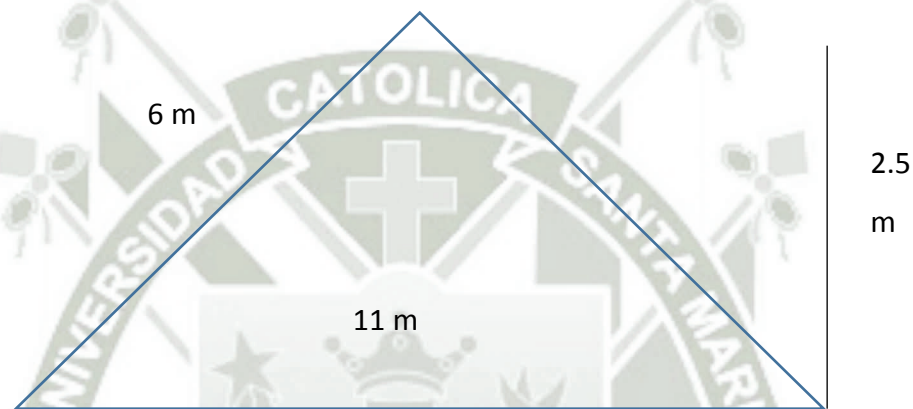
**Fuente:** Elaboración propia.

- De ancho deberá tener 11 metros
- De largo deberá ser 15 metros
- De Alto hacia la base carrilera del puente grúa deberá ser 11 metros
- De alto Verticalmente deberá ser 12.6 metros
- A la primera viga de amarre deberá tener 6.3 metros

- Deberá soportar del puente grúa una carga mínima 8900 kg según catalogo GH.
- Se utilizará cobertura liviana.

### 3.11.1. Área del Techo

Se instalará un techo a dos aguas, el cual tendrá la altura intermedia de 2.5m. (para una inclinación de 27° con respecto a la horizontal), por lo que el techo tendrá el siguiente esquema:



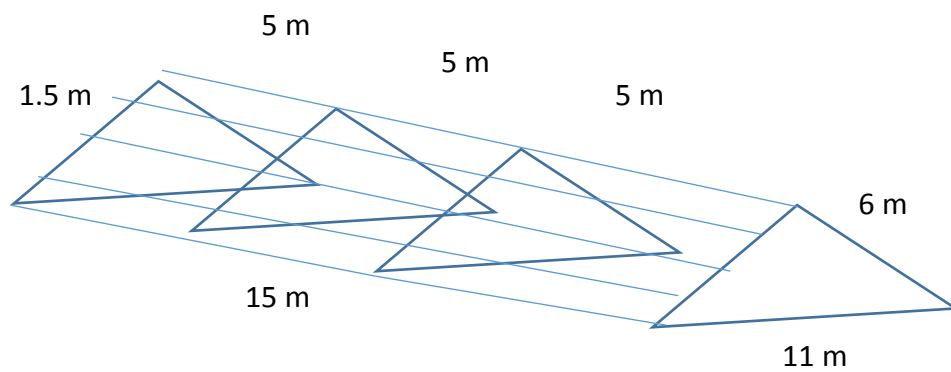
**Figura N°46 – Modelo del Tijeral**  
Fuente: Elaboración propia

Donde tendremos como:

$$A_{techo} = 12m * 15m = 180 m^2$$

$$A_{paño} = 6m * 5m = 30 m^2$$

El techo será dividido por tres tijerales lo que nos da dos paños por lado; como se aprecia a continuación:



**Figura N°47 – Planteamiento de Correas de techo**

Fuente: Elaboración propia

### 3.11.2. Carga Muerta (D)

#### 3.11.2.1. Cobertura

Para poder realizar adecuadamente nuestros cálculos procederemos primero a revisar los datos técnicos de la Cobertura (Anexo N°09).

- Fabricante: TUPEMESA
- Modelo: PV-6
- Peso: 4 kg-f/m<sup>2</sup>

$$P_{cobertura} = 180m^2 * \frac{4kgf}{m^2}$$

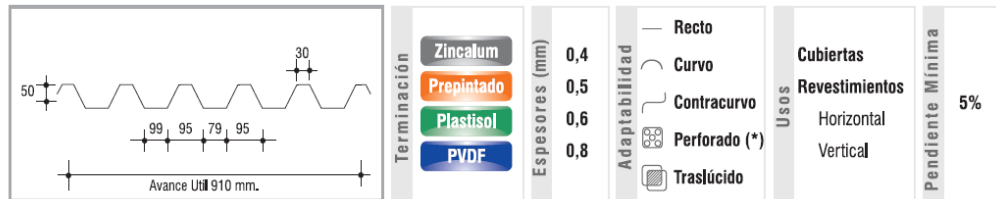
$$P_{cobertura} = 720 kgf$$

$$P_{paño} = 30 m^2 * \frac{4kgf}{m^2} = 120 kgf$$

- Avance por Cobertura es de 0.91m y el largo será de 6m según Anexo N°09.

# PV-6®

## Características Técnicas



Notas:  
Terminaciones de pintura, consultar a catálogo de colores Instapanel.  
(\*) Sólo disponibles en espesor de acero 0.5mm.

Cubiertas y  
Revestimier

**Figura N°48 – Cobertura PV-6**  
Fuente: Catálogo de INSTAPANEL (Anexo N°09)

$$Cant.Cobertura = \frac{15 \frac{m}{lado}}{0.91 \frac{m}{Unid}} = 16.48 \frac{Unid}{lado} = 17 \frac{Unid}{lado}$$

$$Cant.Cobertura = 17 \frac{Unid}{lado} * 2 lados = 34 Unid$$

### 3.11.3. Carga Viva (L)

#### 3.11.3.1. Carga Viva por Techo (Lr)

Basándonos en la NTP E.020 y en los datos obtenidos de uso de cobertura obtenemos los siguientes valores de carga viva:

$$Lr = 30 \frac{kgf}{m^2}$$

$$Lr_{paño} = 30 \frac{kgf}{m^2} * 30m^2 = 900kgf$$

#### 3.11.3.2. Carga por Nieve en Techo(S)

Carga por nieve en techo no presenta; ya que en la información histórica de Arequipa no presenta nieve en los últimos 40 años.

$$S = 0 \frac{kgf}{m^2}$$

### 3.11.3.3. Carga por Viento en Techo (Wv)

En esta carga debemos considerar que toda edificación está expuesta a la acción del viento y tiene que resistir cargas (presiones y succiones) exteriores e interiores.

#### 3.11.3.3.1. Velocidad del Viento (Vh)

La NTP E.020 nos indica que hasta altura de 10m debemos utilizar como velocidad 75 Km/hr. Revisando el Anexo 02 de dicha norma podemos apreciar que para Arequipa la Velocidad del viento se debe de considerar 85 km/hr. Por lo que:

$$V_h = V \left( \frac{h}{10} \right)^{0.22} \dots \dots \dots (3.9)$$

Donde:

- Vh= Velocidad de diseño en la altura h en km/hr
- V= Velocidad de diseño (85 km/hr)
- h= Altura sobre el terreno (15.1 m)

$$V_h = 85 \left( \frac{15.1}{10} \right)^{0.22} = 93.07 \frac{km}{hr}$$

#### 3.11.3.3.2. Carga Exterior de Viento

Es la carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual actúa.

$$P_h = 0.005 C V_h^2 \dots \dots \dots (3.10)$$



Donde:

- Ph= Presión o succión del viento a una altura h en kg-f/m<sup>2</sup>
- C= Factor de forma adimensional indicado en la Tabla N°4 de la NTP E.020
- Vh= Velocidad de diseño a la altura h en km/hr

**TABLA 4**  
**FACTORES DE FORMA (C) \***

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3-0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7-0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales ó inclinadas (planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7

\* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

Para nuestro caso es un Techo con inclinación de 27°, por lo que:

- Barlovento: +0.7 / -0.3
- Sotavento: -0.6

$$P_h = 0.005 * (+0.7) * 93.07^2 = 30.32 \frac{kgf}{m^2}$$

$$P_h = 0.005 * (-0.3) * 93.07^2 = -13 \frac{kgf}{m^2}$$

$$P_h = 0.005 * (-0.6) * 93.07^2 = -26 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CEV = P_h * A_{paño} \dots \dots \dots (3.52)$$

$$W_{paño} = 30.32 \frac{kgf}{m^2} * 30 m^2 = 909.6 kgf$$

### 3.11.3.4. Carga por Sismo (E)

En la NTP E0.20 indica que para la carga por sismo se adicione el 20% de las cargas muertas, por lo que:

$$E = 4 \frac{kgf}{m^2} * 20\% = 0.8 \frac{kgf}{m^2}$$

### 3.11.3.5. Carga por Fuerza Térmica

El diseño del Techo Estructural tomara en cuenta las fuerzas y los movimientos que resulten de un cambio mínimo de temperatura de 30°C para construcciones de metal como indica la NTP E0.20

### 3.11.3.6. Resumen de Cargas en el Techo Estructural

**Cuadro N°17** – Resumen de Cargas a aplicar en el Techo estructural

Tipo de Carga	Kg f/m2	Lb/m2
Carga Muerta por paño (D)	4.00	8.82
Carga Viva por Techo por paño (Lr)	30.00	66.14
Carga por Nieve (S)	0.00	0.00
Carga por Viento por paño (Wv)	30.32	66.84
Carga por Sismo (E)	0.80	1.76
Carga Térmica	30°C	30°C

Fuente: Elaboración propia

Ahora Utilizaremos el método LRFD para el diseño de la Estructura de Acero; para lo cual contamos con los siguientes datos técnicos:

- Tipo de Acero: A36
  - Esfuerzo mínimo de Fluencia  $F_y$ : 36 ksi
  - Resistencia mínima a la tensión  $F_u$ : 58 ksi

### 3.11.3.7. Carga Ultima (U)

Para poder hallar la Carga Ultima debemos de combinar las diferentes cargas y obtener el mayor valor.

$$U = 1.4 * D$$

$$U = 1.2 * D + 1.6L + 0.5(Lr o S o R)$$

$$U = 1.2 * D + 1.6(Lr o S o R) + (0.5 * L o 0.8 * W)ok$$

$$U = 1.2 * D + 1.3 * W + 0.5 * L + 0.5 * (Lr o S o R)$$

$$U = 1.2 * D \pm 1.0 * E + 0.5 * L + 0.2 * S$$

Reemplazando valores, obtenemos:

$$U = 170 \frac{lbf}{m^2} = 15.79 \frac{lbf}{pie^2}$$

#### 3.11.4. Cálculo de Costanera de Techo

Conocidos también como Largueros o correas de techo. Por lo que en el cálculo tomaremos los datos siguientes:

- Espacio entre las correas: 1.5 m
- Carga a Soportar: 170 lb f/m<sup>2</sup>
- Longitud de tramo: 5m

##### 3.11.4.1. Carga por Espacio entre correas:

$$Pu_{correa} = 1.5m * 5m * 170 \frac{lbf}{m^2} = 1275 lb$$

Con este valor calculamos el Área mínima, por lo que tenemos dos fórmulas:

Para el estado límite de fluencia en la sección bruta (con la idea de prevenir alargamiento excesivo del miembro)

$$A_g = \frac{P_u}{F_y * \phi_t} \text{ con } \phi_t = 0.90$$

Por fractura en la sección neta en la que se encuentren agujeros de tornillos o remaches:

$$A_n = \frac{P_u}{F_u * \phi_t * U}$$

Con  $\phi_t = 0.75$  y  $U = 0.85$  (tabla 3.2)

Por lo que debemos de calcular y escoger la mayor Área.

$$A_g = \frac{1.3 \text{ klb}}{36 \text{ ksi} * 0.9} = 0.04 \text{ pulg}^2$$

$$A_n = \frac{1.3 \text{ klb}}{58 \text{ ksi} * 0.75 * 0.85} = 0.035 \text{ pulg}^2$$

### 3.11.4.2. Selección del Perfil para la Costanera de Techo

Para realizar una adecuada selección del perfil debemos de considerar los siguientes:

Considerar la relación de esbeltez que indica en la Tabla N°06 la NTP E0.20:

FLECHAS MAXIMAS PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES

TIPO DE ELEMENTO	FLECHA PRODUCIDA POR LA CARGA VIVA	FLECHA PRODUCIDA POR LA CARGA VIVA MÁS LAS FLECHAS DIFERIDAS
Pisos	L/360	L/240*
Techos	L/180	-

L : Luz del elemento. Para volados se tomará como L, el doble de la longitud del elemento.  
 Flecha diferida: Se establece en función de cada material de acuerdo a su Norma respectiva. La flecha diferida se calculará para las cargas permanentes más la fracción de sobrecarga que actúa permanentemente.

\* No aplicable a estructuras metálicas.

En el método LRFD indica que la relación de esbeltez debe ser:

$$\min r = \frac{L}{300}$$

- Para nuestro caso  $L=5\text{m}$  (197 pulg) por lo que  $\min r_y = 0.66$  pulg = 1.67 cm
- Área mínima Requerida: 0.04 pulg<sup>2</sup> = 0.26 cm<sup>2</sup>
- De menor peso y fácil maniobrabilidad

Verificamos la Tabla del Proveedor Aceros Comerciales – Perfil Z (Anexo 10), para espesor de 2mm obtenemos los siguientes valores:

**Cuadro N°18** – Alternativas de selección de Perfil Z

Perfil	Peso (kg/m)	Área (cm <sup>2</sup> )	$r_y$ (cm)
<b>Z4" x 2"</b>	3.58	4.56 (0.71 pulg <sup>2</sup> )	2.62 (1.03")
<b>Z3"x2"</b>	3.18	4.05 (0.63 pulg <sup>2</sup> )	2.78 (1.09")
<b>Z3"x1 ½"</b>	2.69	3.42 (0.53pulg <sup>2</sup> )	1.98 (0.78")

**Fuente:** Elaboración propia

Ensayamos los perfiles seleccionados y comprobamos los valores en las siguientes formulas:

$$P_u = \phi_t * F_y * A_g$$

$$\frac{L}{r} < 300$$

**Cuadro N°19** – Selección de Perfil Z

Perfil	$P_u$ (klb)	Relación de Esbeltez
<b>Z4" x 2"</b>	23.00	191.26
<b>Z3"x2"</b>	20.41	180.73
<b>Z3"x1 ½"</b>	17.17	252.56

**Fuente:** Elaboración propia

Elegimos el perfil Z3"x2".

### 3.11.5. Cálculo de Viga para Tijeral

En esta parte hacemos la aclaración que el techo es a dos aguas y que se utilizara una Viga. Para lo cual necesitamos de los siguientes datos:

- Carga Ultima  $U=170 \text{ lb-f/m}^2$
- Peso Correa de Techo  $Z3'' \times 2'' \times 2\text{mm}$  de espesor:  $3.18 \text{ kg/m}$  ( $7 \text{ lb/m}$ )

$$Pu_{\text{paño}} = 170 \frac{\text{lb}}{\text{m}^2} * 30 \frac{\text{m}^2}{\text{paño}} = 5100 \frac{\text{lb}}{\text{paño}}$$

$$Pu_{\text{correa}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{Unid}} * 7 \frac{\text{lb}}{\text{m}} * 5 \frac{\text{Unid}}{\text{paño}} = 175 \frac{\text{lb}}{\text{paño}}$$

Donde la Carga por punto de apoyo es:

$$Pu_{\text{Punto Tijeral}} = 5100 + 175 = 5275 \text{ lb}$$

Con este valor calculamos el Área mínima, por lo que tenemos usar nuevamente las dos fórmulas anteriormente mencionadas:

Para el estado límite de fluencia en la sección bruta:

$$Ag = \frac{Pu}{Fy * \emptyset t} \text{ con } \emptyset t = 0.90$$

Y por fractura en la sección neta:

$$An = \frac{Pu}{Fu * \emptyset t * U} \text{ con } \emptyset t = 0.75 \text{ con } U = 0.85 \text{ (tabla 3.2)}$$

Por lo que debemos de calcular y escoger la de mayor Área.

$$Ag = \frac{5.28 \text{ klb}}{36 \text{ ksi} * 0.9} = 0.163 \text{ pulg}^2$$

$$An = \frac{5.28 \text{ klb}}{58 \text{ ksi} * 0.75 * 0.85} = 0.143 \text{ pulg}^2$$

### 3.11.5.1. Selección del Perfil para el Tijeral

Para realizar una adecuada selección del perfil debemos de considerar los siguiente:

Considerar la relación de esbeltez que indica en la Tabla N°06 la NTP E0.20:

FLECHAS MAXIMAS PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES

TIPO DE ELEMENTO	FLECHA PRODUCIDA POR LA CARGA VIVA	FLECHA PRODUCIDA POR LA CARGA VIVA MÁS LAS FLECHAS DIFERIDAS
Pisos	L/360	L/240*
Techos	L/180	-

L : Luz del elemento. Para volados se tomará como L, el doble de la longitud del elemento.  
 Flecha diferida: Se establece en función de cada material de acuerdo a su Norma respectiva. La flecha diferida se calculará para las cargas permanentes más la fracción de sobrecarga que actúa permanentemente.

\* No aplicable a estructuras metálicas.

En el método LRFD indica que la relación de esbeltez debe ser:

$$\min r = \frac{L}{300}$$

- Para nuestro caso L=6m (236.2 pulg) por lo que  $\min r_y = 0.787 \text{ pulg} = 1.99 \text{ cm}$
- Área mínima Requerida:  $0.163 \text{ pulg}^2 = 1.05 \text{ cm}^2$
- De menor peso y fácil maniobrabilidad

Verificamos la Tabla de perfiles del AISC – perfil Tubo Estructural Rectangular (Anexo 11), todas con espesor de 3/16” obtenemos los siguientes valores:

**Cuadro N°20** – Alternativa de Selección de Perfil Tubo Estructural

Perfil	Peso (lb/pie)	Área (pulg <sup>2</sup> )	ry (pulg)
12"x3"	18.35	5.39	1.31
12"x4"	19.63	5.77	1.74
10"x3"	15.90	4.64	1.30
10"x4"	17.08	5.02	1.72

**Fuente:** Elaboración propia

Ensayamos los perfiles seleccionados y comprobamos los valores en las siguientes formulas:

$$P_u = \phi t * F_y * A_g$$

$$\frac{L}{r} < 300$$

**Cuadro N°21** – Selección de Perfil Tubular Estructural

Perfil	Pu (klb)	Relación de Esbeltez
12"x3"	174.64	180.31
12"x4"	186.95	135.75
10"x3"	150.34	181.70
10"x4"	162.65	137.33

**Fuente:** Elaboración propia

Elegimos el Tubo Estructural Rectangular 12"x4"x3/16"

### 3.11.6. Cálculo de Columna y Viga para el Puente Grúa

En esta parte realizaremos el cálculo para la viga a utilizar en el puente grúa, consideramos los siguientes datos:

#### 3.11.6.1. Carga Puente Grúa

$$P_{PG} = P_{carga} + P_{Puente} + P_{Sistema} + P_{accesorios}$$

$$P_{PG} = 5000 \text{ kg} + 5367 \text{ kg} + 537 \text{ kg} + 751 \text{ kg}$$

$$P_{PG} = 11655 \text{ kg} = 25695 \text{ lb}$$

### 3.11.6.2. Carga Viva por Móviles (CVM)

Para esta parte hay que tener presente las cargas que indica en la NTP E.020 para Carga Viva Móviles – Puente Grúa, la que debe ser aplicada en las columnas que soportan la estructura, la que indica los siguiente.

**Carga Vertical:** La carga vertical será la máxima real sobre rueda cuando la grúa este izando a capacidad plena. Para tomar en cuenta el impacto, la carga izada se aumentara en 25% o la carga sobre rueda se aumentara en 15%, la que produzca mayores condiciones de esfuerzo.

**Carga Horizontales:** La carga transversal total, debida a la traslacion del carro del puente grua sera el 20% de la suma de la capacidad de carga y el peso del carro. Esta fuerza se supondra colocada en la parte superior de los rieles, actuando en ambos sentidos perpendicularmente a la via de rodadura y debe ser distribuida proporcionalmente a la rigidez lateral de las estructuras que soportan los rieles.

**Carga Longitudinal:** La carga longitudinal debida a la traslacion de la grua sera el 10% de la reaccion maxima total, sin incluir el impacto, aplicada en la parte superior del riel y actuando en ambos sentidos paralelamente a la via de rodadura.

Carga Vertical (Columna)

$$P_{vertical} = P_{PG} * 1.25 = 32119 \text{ lb}$$

Carga Horizontal (Columna)

$$P_{horizontal} = P_{PG} * 1.20 = 30834 \text{ lb}$$

Carga Longitudinal (Viga)

$$P_{longitudinal} = P_{PG} * 1.10 = 28265 \text{ lb}$$

### 3.11.6.3. Cálculo de la Columna

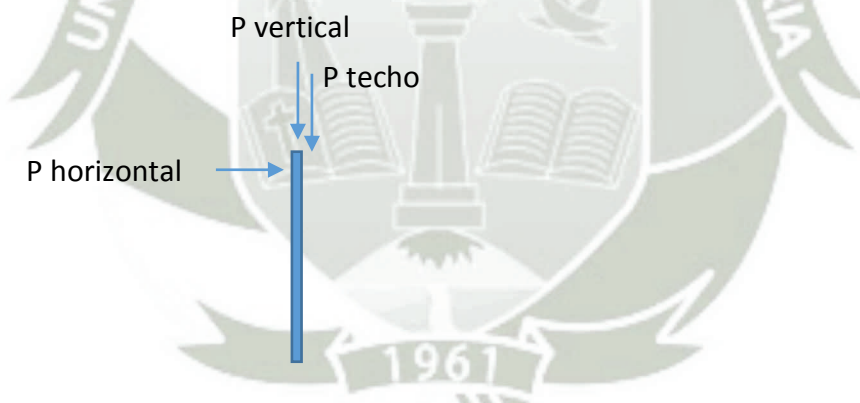
Para esta Parte la Columna debera de resistir la carga Vertical (P vertical) y una fuerza de en la parte superior la Carga Horizontal (P horizontal).

Ademas hay que aumentar la Carga por el Techo:

$$P_{techo} = P_{viga} + P_{costanera} + P_{techo}$$

$$P_{techo} = 19.63 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} * 20 \frac{\text{pie}}{\text{pañó}} + 175 \frac{\text{lb}}{\text{pañó}} + 5100 \frac{\text{lb}}{\text{pañó}} = 5668 \frac{\text{lb}}{\text{pañó}}$$

Por lo que la columna presentaria las siguientes fuerzas:



**Figura N°49 – Representación de cargas en la columna**  
Fuente: Elaboración propia

De donde tenemos como datos:

- Longitud de columna = 12.6 m = 41.34 pies = 496 pulg.
- Carga a Soportar Verticalmente= 37.79 klb
- Carga a Soportar Horizontalmente = 30.83 klb

Por lo que para comenzar a diseñar la columna, el metodo LRFD nos da un punto de partida.



Formulas:

$$P_n = A_g * F_{cr}$$

$$P_u = A_g * F_{cr} * \phi_c \text{ donde } P_u = P_n * \phi_c$$

Donde:

- $P_u$  = Resistencia de Diseño

El metodo LFRD indica que la relacion de Esbeltez debe ser:

$$\frac{KL}{r} < 200$$

Ademas nos da un punto de partida, una relacion de esbeltez con la que podemos comenzar a realizar nuestros cálculos:

$$\frac{KL}{r} = 50; \text{ donde } \phi_c * F_{cr} = 26.83 \text{ ksi}$$

**Area Requerida** en Carga Vertical y Horizontal; y seleccionamos la de mayor Area.

$$A_{gy} = \frac{37.79}{26.83} = 1.41 \text{ pulg}^2 \text{ y } A_{gx} = \frac{30.83}{26.83} = 1.15 \text{ pulg}^2$$

Seleccionamos  $A_g = 1.41 \text{ pulg}^2$

Ensayamos una Viga W18 x 76

- $A = 22.3 \text{ pulg}^2$
- $r_x = 7.73 \text{ pulg}$
- $r_y = 2.61 \text{ pulg}$

Donde:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_y > \left(\frac{KL}{r}\right)_x \text{ y por tanto rige}$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_y = \frac{12 * 41.34}{2.61} = 190.7 < 200 \dots ok$$

Con este valor nos vamos a la tabla 3.36 del LRFD, donde el Valor de:

$$\text{donde } \phi_c * F_{cr} = 5.91 \text{ ksi}$$

Reemplazamos este valor en la fórmula:

$$\phi_c * P_n = 5.91 \text{ ksi} * 22.3 \text{ pulg}^2 = 131.8 \text{ klb} > 37.79 \text{ klb} \dots ok$$

#### 3.11.6.4. Cálculo de la Viga Carrilera

Para realizar el cálculo de la viga carrilera necesitamos los siguientes datos:

- Carga del Puente Grúa en el punto medio: 11655 kg = 25695 lb
- Longitud entre apoyos: 5m (16.4 pies o 197 pulg)

Con este valor calculamos el Área mínima, por lo que tenemos usar nuevamente las dos fórmulas anteriormente mencionadas:

Para el estado límite de fluencia en la sección bruta:

$$A_g = \frac{Pu}{F_y * \phi_t} \text{ con } \phi_t = 0.90$$

Y por fractura en la sección neta:

$$A_n = \frac{P_u}{F_u * \phi_t * U} \text{ con } \phi_t = 0.75 \text{ con } y \text{ con } U = 0.85 \text{ (tabla 3.2)}$$

Por lo que debemos de calcular y escoger la de mayor Área.

$$A_g = \frac{25.7 \text{ klb}}{36 \text{ ksi} * 0.9} = 0.793 \text{ pulg}^2$$

$$A_n = \frac{25.7 \text{ klb}}{58 \text{ ksi} * 0.75 * 0.85} = 0.695 \text{ pulg}^2$$

#### 3.11.6.4.1. Selección del Perfil para el Tijeral

Para realizar una adecuada selección del perfil debemos de considerar lo siguiente:

En el método LRFD indica que la relación de esbeltez debe ser:

$$\min r = \frac{L}{300}$$

- Para nuestro caso  $L=5\text{m}$  (197 pulg) por lo que  $\min r_y = 0.66 \text{ pulg} = 1.67 \text{ cm}$
- Área mínima Requerida:  $0.793 \text{ pulg}^2 = 5.12 \text{ cm}^2$
- De menor peso y fácil maniobrabilidad

Verificamos la Tabla de perfiles del AISC – Viga W (Anexo 11), todas con ancho de ala (bf) de 10”, debido a que las rieles tienen 4” de ancho comúnmente.

Perfil	Peso (lb/pie)	Área (pulg <sup>2</sup> )	ry (pulg)
<b>W10 x 49</b>	49	14.4	2.54
<b>W12 x 53</b>	53	15.6	2.48
<b>W14 x 61</b>	61	17.9	2.45

**Cuadro N°22** – Alternativa de selección de Viga W

**Fuente:** Elaboración propia

Ensayamos los perfiles seleccionados y comprobamos los valores en las siguientes formulas:

$$Pu = \phi t * Fy * Ag$$

$$\frac{L}{r} < 300$$

**Cuadro N°23** – Selección de Viga W

Perfil	Pu (klb)	Relación de Esbeltez
W10 x 49	466.56	77.56
W12 x 53	505.44	79.44
W14 x 61"	579.96	80.41

**Fuente:** Elaboración propia

Elegimos la Viga W10x49

### 3.11.7. Cálculo de los Templadores de Techo

Para realizar este cálculo necesitamos los siguientes datos:

- Carga por Paño: 15.79 lb/pie<sup>2</sup>
- Numero de Largueros por paño = 5 unid.
- Longitud de Techo inclinado por paño = 6.00 m (19.68 pies)
- Altura del techo = 2.5 m
- Base del Techo inclinado por lado = 5.5m

Carga paralela a la superficie del techo:

$$\frac{2.5}{6} * 15.79 \frac{lb}{pie^2} = 6.58 \frac{lb}{pie^2}$$

Fuerza en el templador entre los largueros de la cumbra:

$$T = 19.68 * 5 * 6.58 * \frac{6}{5.5} = 706.33 lb$$

Área del Templador

$$A_d = \frac{P_u}{\phi * 0.75 * F_u}$$

$$A_d = \frac{0.70633}{0.75 * 0.75 * 58} = 0.022 \text{ pulg}^2 = 0.142 \text{ cm}^2$$

**Cuadro N°24 – Selección de Perfil Redondo**

PROPIEDADES GEOMETRICAS PARA CALCULOS ESTRUCTURALES

DIAMETRO (pulgadas)	AREA (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	S (cm <sup>3</sup> )	r (cm)	J (cm <sup>4</sup> )
3/8	0.70	0.04	0.08	0.24	0.08
1/2	1.27	0.13	0.2	0.32	0.26
5/8	1.98	0.31	0.39	0.4	0.62
3/4	2.85	0.65	0.68	0.48	1.29
7/8	3.88	1.2	1.08	0.56	2.4
1	5.07	2.04	1.61	0.64	4.09

J=Momento de Torsion

**Fuente:** Catalogo del Fabricante Aceros Comerciales

Usamos un perfil redondo de 5/8" del fabricante Aceros Comerciales.

### 3.11.8. Resumen de Perfiles

Después de realizar nuestros cálculos es que procedemos a detallar los perfiles a utilizar:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PERFIL
1	Largueros	Z3"x2"
2	Viga de Techo	Tubo Estructural Rectangular 12"x4"x3/16
3	Templadores	Barra Redonda Lisa 5/8"
4	Columnas	Viga W18 x 76
5	Viga Carrilera	Viga W10 x 49

**N°25 – Resumen de Perfiles Seleccionados**

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.11.9. Análisis Estructural

Para poder indicar que lo calculado es lo correcto; es que requerimos realizar una simulación del comportamiento de la Estructura metálica; cuando este con sus respectivas cargas.

Y para poder realizar esta simulación, utilizamos el programa INVENTOR 2016. El cual nos da la posibilidad de simular las cargas a la estructura y de igual manera nos brinda una biblioteca amplia de elementos.

#### 3.11.9.1. Modelado de la Estructura

En esta parte se realiza el dibujo en diferentes capas para luego seleccionar de la biblioteca los perfiles antes calculados y seleccionados.

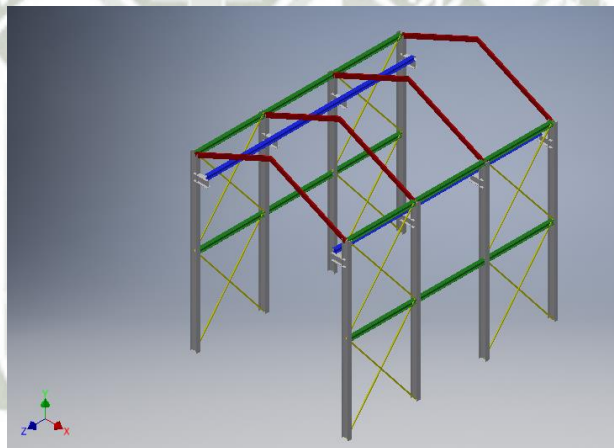


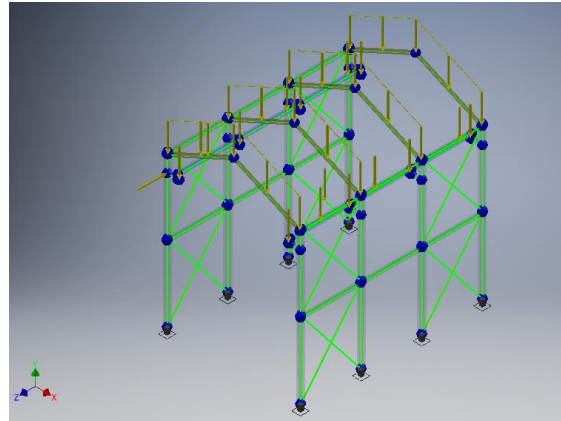
Figura N°50 – Modelado de la Estructura Metálica

Fuente: Elaboración propia

#### 3.11.9.2. Aplicación de Cargas

Para realizar el análisis se aplica las cargas; por lo que simulamos todas las cargas entre los pórticos; como si hubiese tres puentes gruas en diferentes posiciones (al medio y en diferentes extremos), para poder así obtener datos confiables.

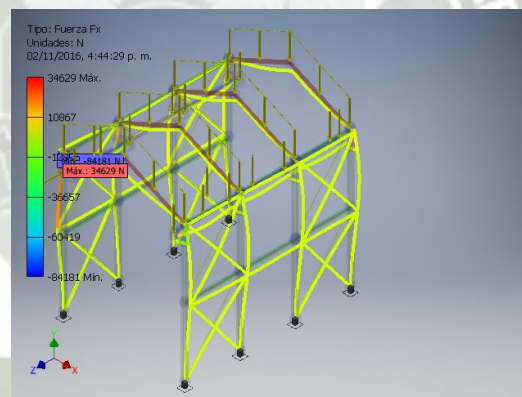
De igual manera se aplica la carga por movimiento, la carga en vigas; todo esto para simular la rigidez de la estructura.



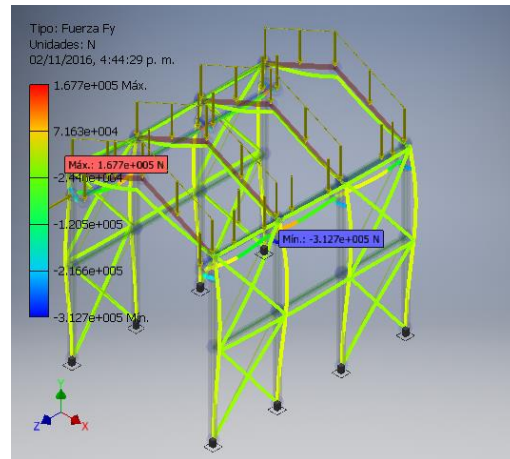
**Figura N°51 – Aplicación de Cargas en la Estructura**  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.11.9.3. Resultados de Simulación

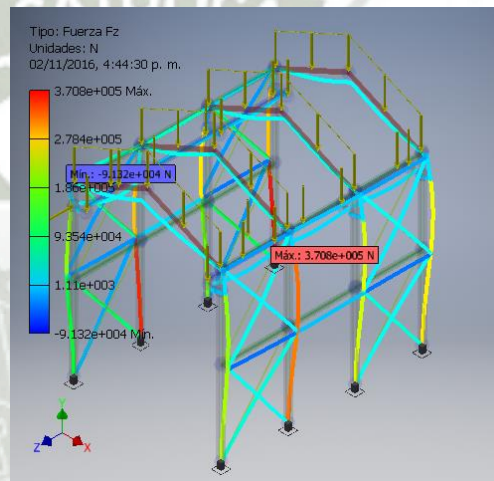
#### 3.11.9.3.1. Fuerzas – Fx



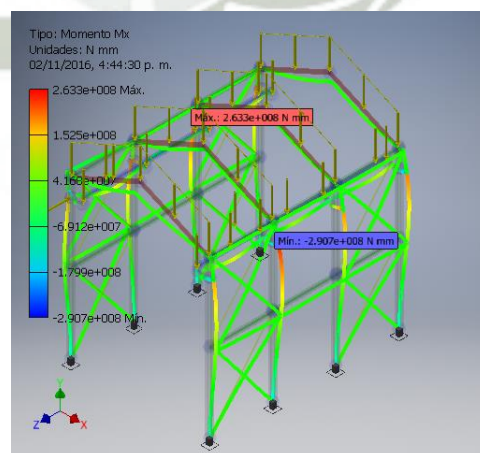
#### 3.11.9.3.2. Fuerzas – Fy



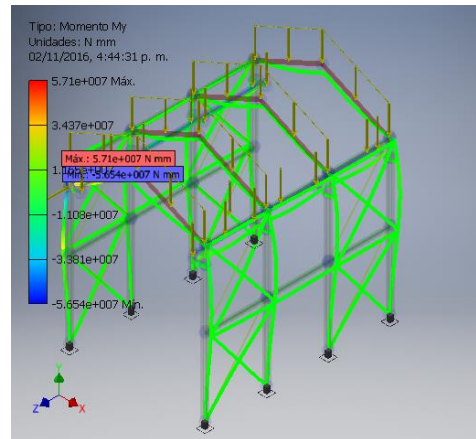
### 3.11.9.3.3. Fuerzas – Fz



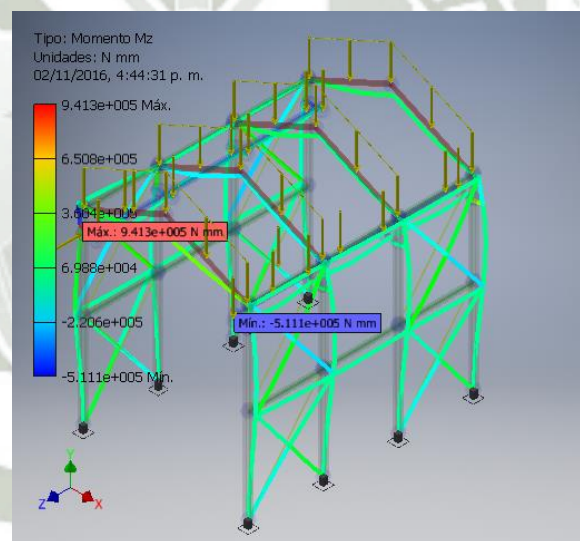
### 3.11.9.3.4. Momento – Mx



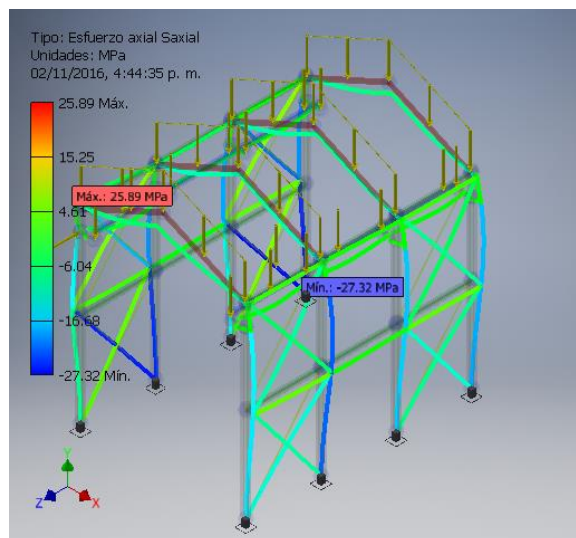
### 3.11.9.3.5. Momento – My



### 3.11.9.3.6. Momento – Mz

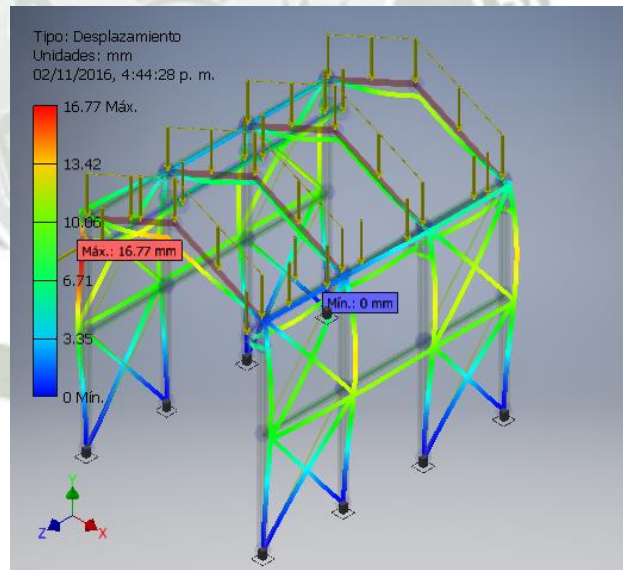


### 3.11.9.3.7. Esfuerzo Axial



### 3.11.9.3.8. Desplazamiento

Como podemos apreciar nos encontramos que estamos dentro de lo permitido, con un desplazamiento máximo de 16mm.



### 3.11.9.3.9. Fuerza y Pares de Reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componentes (Fx, Fy, Fz)	Magnitud	Componentes (Mx, My, Mz)
Restricción fija:8	451421.701 N	28883.761 N	120249667.300 N mm	809551.760 N mm
		446521.963 N		137062.594 N mm
		59711.109 N		-120246864.099 N mm
Restricción fija:7	175680.013 N	31457.709 N	126974803.375 N mm	2590878.217 N mm
		172366.146 N		-140484.075 N mm
		12798.091 N		-126948289.892 N mm
Restricción fija:2	436962.494 N	27876.207 N	113532150.481 N mm	2267076.071 N mm
		432208.351 N		111421.647 N mm
		57923.051 N		-113509458.391 N mm
Restricción fija:1	112870.705 N	27117.660 N	123488239.007 N mm	-2553051.678 N mm
		109351.423 N		-108354.823 N mm
		6833.352 N		-123461797.166 N mm
Restricción fija:6	300927.192 N	-29069.795 N	125346321.917 N mm	-780975.522 N mm
		298497.463 N		-119276.132 N mm
		24726.222 N		125343832.192 N mm
Restricción fija:5	265328.352 N	-28165.641 N	121029615.108 N mm	921255.639 N mm
		263249.435 N		117711.586 N mm
		-17480.449 N		121026051.597 N mm
Restricción fija:4	346631.486 N	-33659.033 N	138189037.049 N mm	-669083.120 N mm
		344473.021 N		-144392.891 N mm
		18941.858 N		138187341.819 N mm
Restricción fija:3	256749.616 N	-24440.791 N	99617505.815 N mm	900135.123 N mm
		254227.172 N		141889.628 N mm
		-26297.485 N		99613337.907 N mm



### 3.11.9.3.10. Resumen de Resultados Estáticos

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0.000 mm	16.770 mm
Fuerzas	Fx	-84181.427 N	34629.430 N
	Fy	-312722.360 N	167713.354 N
	Fz	-91320.314 N	370829.797 N
Momentos	Mx	-290717907.138 N mm	263275590.506 N mm
	My	-56541459.966 N mm	57103466.892 N mm
	Mz	-511080.788 N mm	941314.686 N mm
Tensiones normales	Smax	-25.665 MPa	183.426 MPa
	Smin	-210.831 MPa	15.072 MPa
	Smax(Mx)	0.000 MPa	129.387 MPa
	Smin(Mx)	-129.387 MPa	-0.000 MPa
	Smax(My)	0.000 MPa	126.952 MPa
	Smin(My)	-126.952 MPa	-0.000 MPa
	Saxial	-27.322 MPa	25.894 MPa
Tensión de corte	Tx	-5.286 MPa	12.849 MPa
	Ty	-84.505 MPa	69.744 MPa
Tensiones de torsión	T	-22.988 MPa	10.820 MPa

### 3.11.9.3.11. Resultados de Análisis Estructural

Podemos indicar que los resultados obtenidos, satisfacen el diseño del techo estructural; debido a que nos encontramos dentro de los parámetros de diseño. Por lo que están adecuados el seleccionamiento de los perfiles.



## **CAPITULO IV ASPECTOS ECONÓMICOS**



#### 4. ASPECTOS ECONÓMICOS

En este capítulo realizaremos una la simulación del costo aproximado de la Instalación de la planta; además de plantear dos escenarios posibles para la inversión económica.

Por lo que debemos de poner ciertas condiciones para poder empezar a trabajar la parte económica; las cuales son:

- ✓ Considerar un horizonte de la Planta de Generación de 10 años.
- ✓ Considerar la depreciación de la maquinaria en general del 10%.
- ✓ Impuesto sobre las Utilidades del 18%
- ✓ Costo de Instalación de la Planta de Generación es de 1100 \$/kW
- ✓ Costo de Venta de Energía Eléctrica es de 7.4 centavos de Dólar por cada KW-hr.
- ✓ Considerar el 3% de los Ingresos como Costo Variable por los primeros 5 años; después considerar el 8%
- ✓ Considerar el 5% de los Ingresos como Costo de Mantenimiento por los primeros 5 años. Después asumir un 12%
- ✓ Considerar un 3% por comisiones en general
- ✓ Considerar por costos Intangibles un monto del 2% por el horizonte del proyecto.
- ✓ Por 7% por Tasa de Descuento durante el horizonte del proyecto
- ✓ Considerar un 12% por valor de desecho

##### 4.1. COSTO DE INSTALACIÓN

Para poder obtener el costo de Instalación, debemos utilizar como ingreso la Potencia a Generar al Sistema; el cual es: 4.50 MW.

Además de que la información sobre los costos de Instalación de una Planta de Generación de Energía Eléctrica es reservada; se realizó la búsqueda de información en otros países, encontrando como dato que el costo aproximado por cada kW instalado

es de 1100 dólares (Anexo 08), el cual usamos como referencia por ser alto el costo de instalación.

$$\text{Costo de Instalacion} = 4500 \text{ kw} * 1100 \frac{\$}{\text{kw}}$$

$$\text{Costo de Instalacion} = 4.95 \text{ Millones de Dolares}$$

#### 4.2. INGRESOS POR GENERACIÓN

Como se pudo verificar en el Anexo N°07 sobre los costos de venta seria de 7.4 centavos de Dólar por cada KW-hr. generado Para nuestra Planta Generadora que trabajara los 365 días del año las 24 horas, podemos indicar:

$$\text{Ingreso} = \text{Generacion} * \text{Tiempo} * \text{Costo} \dots \dots (4.1)$$

$$\text{Ingreso} = 4500 \text{ kw} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 24 \frac{\text{hr}}{\text{día}} * 0.074 \frac{\$/}{\text{kw}}$$

$$\text{Ingreso} = 2.917 \frac{\text{Millones de Dolares}}{\text{año}}$$

#### 4.3. COSTO ADMINISTRATIVOS

Esta Planta de Generación para poder operar los 365 días del año, necesitara como mínimo del siguiente Personal:

C

Cantidad	Puesto	Salario Bruto (\$/.)	Subtotal (\$/.)
01	Gerente	3000.00	3000.00
03	Jefe de Turno	2500.00	7500.00
03	Ing. Mecánico	2200.00	6600.00
03	Ing. Eléctrico	2200.00	6600.00
03	Ing. Industrial	2000.00	6000.00
18	Téc. Eléctricos	1200.00	21600.00
18	Téc. Mecánicos	1200.00	21600.00
12	Personal Administrativo	800.00	9600.00
<b>Total (\$/.)</b>			<b>82500.00</b>

– Costos Administrativos

Fuente: Elaboración Propia

Debemos de Considerar un factor Adicional del 20% por personal no considerado; por lo que:

$$\text{Costo Administrativo} = \$ / 82500.00 + 20\%$$

$$\text{Costo Administrativo} = \$ / 99000.00$$

#### 4.4. PLANTEAMIENTO DEL FLUJOS DE CAJA - ESCENARIOS

Ahora con los costos obtenidos anteriormente, podemos plantear diferentes escenarios de Inversión para poder Instalar nuestra Planta Generadora. Procederemos a calcular el VAN y TIR para cada Escenario Planteado.

##### 4.4.1. Asumiendo toda la Inversión de Instalación – Al Contado

Procederemos a brindar un cuadro en el cual plasmaremos todo lo mencionado en los puntos anteriores.

**Cuadro N°27 – Flujo de Caja – Inversión al Contado**

DEPRECIACION	Años										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Planta Generadora	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495
Depreciación total	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495

Nota: El cálculo de la depreciación es en miles de \$/.

FLUJO DE CAJA	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
+ Ingresos		2 917	2 917	2 917	2 917	2 917	2 917	2 917	2 917	2 917	2 917
+ Venta activo											
- Costos variables		- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 233	- 233	- 233	- 233	- 233
- Costos Mantto. fijos		- 146	- 146	- 146	- 146	- 146	- 350	- 350	- 350	- 350	- 350
- Comisiones		- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 88
- Gastos adm. y venta		- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99
- Depreciación		- 495	- 495	- 495	- 495	- 495	- 495	- 495	- 495	- 495	- 495
- Amortización intang.		- 58	- 58	- 58	- 58	- 58	- 58	- 58	- 58	- 58	- 58
- Valor libro											
= Utilidad antes imppto.		1 944	1 944	1 944	1 944	1 944	1 594	1 594	1 594	1 594	1 594
- Impuesto		- 350	- 350	- 350	- 350	- 350	- 287	- 287	- 287	- 287	- 287
= Utilidad neta		1 594	1 594	1 594	1 594	1 594	1 307	1 307	1 307	1 307	1 307
+ Depreciación		495	495	495	495	495	495	495	495	495	495
+ Amortización intang.		58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
+ Valor libro											
- Inversión inicial	-16 104										
- Inversión reemplazo											
- Inversión ampliación											
- Inv. capital de trabajo	- 420										
+ Valor de desecho											26 138
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-16 524</b>	<b>2 147</b>	<b>2 147</b>	<b>2 147</b>	<b>2 147</b>	<b>2 147</b>	<b>1 860</b>	<b>1 860</b>	<b>1 860</b>	<b>1 860</b>	<b>27 998</b>

Interés: 7%

Nota: El cálculo del flujo de caja esta en miles de \$/.

Flujo de Caja (VAN)	-16 524	2 007	1 875	1 753	1 638	1 531	1 240	1 158	1 083	1 012	14 233
VAN		11 005									
Flujo de Caja (TIR)	-16 524	1 863	1 617	1 403	1 217	1 056	794	689	598	518	6 770
VAN		0									

Fuente: Elaboración Propia

- VAN = 11 005 miles de \$/.
- TIR = 15 %

#### 4.4.2. Asumiendo un Préstamo Bancario del 100% de la Inversión de Instalación

Procederemos a brindar unas condiciones adicionales:

- Préstamo Bancario para poder cubrir los gastos del primer año.
- Tasa de Interés Mensual del 5.5%.
- Periodo de cuotas: 24 meses
- Tipo de Sistema: francés

Ahora realizamos el plan mensual de cuotas:

**Cuadro N°28 – Plan mensual de Cuotas en miles de \$**

<u>Financiamiento Bancario</u>	
Tipo de Sistema:	Francés
Datos:	
Valor de préstamo en miles de (\$/.)	5370.00
Tasa de Interés mensual	5.5%
Periodos de pago (meses)	24
<b>Plan Mensual de Cuotas</b>	
Calculo de la cuota en miles de \$	<b>\$/. -408.31</b>

Periodo	Saldo inicial	Interes	Amortizacion	Cuota	Total amortizado
1	5370.00	295.35	112.96	408.31	112.96
2	5257.04	289.14	119.18	408.31	232.14
3	5137.86	282.58	125.73	408.31	357.87
4	5012.13	275.67	132.64	408.31	490.51
5	4879.49	268.37	139.94	408.31	630.45
6	4739.55	260.68	147.64	408.31	778.09
7	4591.91	252.56	155.76	408.31	933.85
8	4436.15	243.99	164.32	408.31	1098.17
9	4271.83	234.95	173.36	408.31	1271.53
10	4098.47	225.42	182.90	408.31	1454.43
11	3915.57	215.36	192.96	408.31	1647.39
12	3722.61	204.74	203.57	408.31	1850.95
13	3519.05	193.55	214.76	408.31	2065.72
14	3304.28	181.74	226.58	408.31	2292.29
15	3077.71	169.27	239.04	408.31	2531.33
16	2838.67	156.13	252.19	408.31	2783.52
17	2586.48	142.26	266.06	408.31	3049.57
18	2320.43	127.62	280.69	408.31	3330.26
19	2039.74	112.19	296.13	408.31	3626.39
20	1743.61	95.90	312.41	408.31	3938.80
21	1431.20	78.72	329.60	408.31	4268.40
22	1101.60	60.59	347.72	408.31	4616.13
23	753.87	41.46	366.85	408.31	4982.97
24	387.03	21.29	387.03	408.31	5370.00
<b>Total</b>		<b>4429.49</b>	<b>5370.00</b>		

Fuente: Elaboración Propia

Y con estos datos realizamos el Flujo de caja.

**Cuadro N°29 – Flujo de Caja – Préstamo Bancario**

DEPRECIACION	Años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Planta Generadora	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495
Depreciación total	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495

Nota: El cálculo del flujo de caja esta en miles de \$/.

	0	Años									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>+ Ingresos</b>		2 917	2 917	2 917	2 917	2 917	2 917	2 917	2 917	2 917	2 917
+ Venta activo											
- Costos variables		- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 233	- 233	- 233	- 233	- 233
- Costos Mantto. fijos		- 146	- 146	- 146	- 146	- 146	- 350	- 350	- 350	- 350	- 350
- Comisiones		- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 88	- 88
- Gastos adm. y venta		- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99
- Interés (préstamo)		-3 049	-1 381								
- Depreciación		- 495	- 495	- 495	- 495	- 495	- 495	- 495	- 495	- 495	- 495
- Amortización intang.		- 58	- 58	- 58	- 58	- 58	- 58	- 58	- 58	- 58	- 58
- Valor libro											0
= Utilidad antes impto.		-1 105	563	1 944	1 944	1 944	1 594	1 594	1 594	1 594	1 594
- Impuesto		166	- 84	- 292	- 292	- 292	- 239	- 239	- 239	- 239	- 239
= Utilidad neta		- 939	479	1 652	1 652	1 652	1 355	1 355	1 355	1 355	1 355
+ Depreciación		495	495	495	495	495	495	495	495	495	495
+ Amortización intang.		58	58	58	58	58					
+ Valor libro											
- Inversión inicial	-4 950										
- Inversión reemplazo											
- Inversión ampliación											
- Inv. capital de trabajo	-3 469										
+ Préstamo	5 370										
- Amortización deuda		-1 851	-3 519								
+ Valor de desecho											11 289
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-3 049</b>	<b>-2 237</b>	<b>-2 487</b>	<b>2 206</b>	<b>2 206</b>	<b>2 206</b>	<b>1 850</b>	<b>1 850</b>	<b>1 850</b>	<b>1 850</b>	<b>13 139</b>

Nota: El cálculo del flujo de caja está en miles de \$/.

Flujo de Caja (VAN)	-3 049	-2 091	-2 172	1 800	1 683	1 573	1 233	1 152	1 077	1 006	6 679
VAN	8 890										
Flujo de Caja (TIR)	-3 049	-1 835	-1 673	1 217	998	818	563	462	379	311	1 809
VAN	0										

Nota: El cálculo del flujo de caja está en miles de \$/.

**Fuente:** Elaboración Propia

- VAN = 8 890 miles de \$/.
- TIR = 21.93 %

Podemos concluir al ver estos dos cuadros, que podemos realizar un Apalancamiento y poder aun así mejorar el TIR, sin tener que arriesgar nuestro capital de trabajo.



## CONCLUSIONES

- Primero.** Mediante los cálculos de ingeniería se ha verificado que es Posible Generar Energía Eléctrica con los Residuos Sólidos Comunes y Hospitalarios, para poder contribuir con la Demanda de Energía a Nivel Nacional.
- Segundo.** Se puede generar 4.50 MW incinerando solo el 30% de la Generación de Residuos Sólidos de la Ciudad de Arequipa. Por lo que es factible la instalación de una planta de generación de Energía mediante el método de incineración en nuestra ciudad.
- Tercero.** Como se aprecia en la información brindada en Arequipa se genera más de 650 Ton/día de Residuos Sólidos; de los cuales solo utilizamos el 30% (200 Ton Aprox.). Lo que nos indica que podemos generar mayor cantidad de Energía Eléctrica.
- Cuarto.** Para nuestra tesis se ha verificado que es posible utilizar la cal para poder tratar los gases de la combustión y evitar contaminar el medio ambiente.
- Quinto.** Mediante el cálculo Financiero se ha verificado que es factible la instalación de una planta de generación de energía eléctrica; y mejor aún que es rentable para el inversionista.
- Sexto.** Es importante realizar los flujos de caja, para poder tomar nuevas estrategias de inversión, ya que en el cálculo financiero mediante el apalancamiento podríamos aumentar el TIR, sin tener que invertir y arriesgar nuestro capital para la instalación de la planta de generación de energía eléctrica.
- Séptimo.** Es muy importante respetar la Normativa vigente a nivel Nacional e Internacional para la realización de nuestros Cálculos de diseño termodinámico y estructural.



## RECOMENDACIONES

- ❖ Se puede ampliar la planta a futuro, instalando en paralelo otra planta; la que podría ser asumida en su costo de Instalación por la planta anterior.
- ❖ Se podría utilizar torres de enfriamiento de Aire Inducido para poder mejorar la eficiencia del condensador.
- ❖ Se podría utilizar una nueva línea para el precalentamiento del agua de ingreso al Generador; para que el tiempo de evaporación se reduzca.
- ❖ Es necesario implantar una política medioambiental dentro de la Planta para poder tener mejor Gestión en el Manejo de los Residuos Sólidos.
- ❖ Se podría instalar nuevas plantas de generación en diferentes departamentos del País, ya que debido a los estudios por INEI, son cinco ciudades las que generan mayor cantidad de residuos sólidos.
- ❖ Se podría obtener Autosuficiencia económica en la Planta de Generación de Energía con el reciclaje de los residuos sólidos.





## BIBLIOGRAFÍA

**LIBROS**

- SANTIAGO SABUGAL GARCÍA / FLORENTINO GÓMEZ MOÑUX. Centrales Térmicas de Ciclo Combinado – Teoría y Proyecto. Editorial Díaz de Santos. Año 2006
- SANTIAGO GARCÍA GARRIDO. Operación y Mantenimiento de Centrales de Ciclo Combinado. Editorial Díaz de Santos. Año 2011
- SISENANDO CARLOS MORALES PALOMINO. Diseño de Plantas Industriales. Editorial UNED. Año 2011
- YUNUS A. CENGEL. Termodinámica. Editorial Mc Graw Hill 7° Edición. México 2012
- YUNUS A. CENGEL. Transferencia de Calor y Masa. Editorial Mc Graw Hill – 3° Edición. México 2007
- KURT C. ROLLE. Termodinámica. Editorial PEARSON EDUCATION – 6° Edición. México 2006
- MICHAEL J. MORAN / HOWARD N. SHAPIRO. Fundamentos de Termodinámica Técnica. Editorial REVERTE – 2° Edición. España 2005
- HUBERT LUMBROSO. Termodinámica, 100 ejercicios y problemas resueltos. Editorial REVERTE. España 2005
- JACK MC CORMAC. Diseño de Estructuras de Acero – Método LRFD. Editorial ALFAOMEGA – 2° Edición. México 2002
- PYTEL – SINGER. Resistencia de Materiales. Universidad de OXFORD. Editorial ALFAOMEGA – 4° Edición. México 1994
- ENRIQUES HARPER GILBERTO. Líneas de Transmisión Y redes de Distribución de Potencia Eléctrica. Editorial LIMUSA Volumen 1. Año 1978
- MORATORIO D. ROCCO. Proyecto para la Conversión de Residuos Sólidos en Energía. Tesis de Grado de la Universidad de Montevideo. Año 2011.
- ING. CARLOS GORDILLO ANDIA. Generadores de Vapor. Año 2008

**ARTÍCULOS**

- Plan de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos - PIGARS
- Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, N°10 – 2012
- Análisis Comparativo de las Tarifas de Electricidad a Nivel Internacional a junio 2008 – OSINERGMIN
- Diagnóstico y Desafíos del abastecimiento de Energía Eléctrica en el Perú – COES / SINAC – febrero de 2014

## CATÁLOGOS

- LIEBHERR – Implementos para la Manipulación de Materiales
- SIEMENS – Turbinas de Vapor Industriales
- NEDERMAN – Soluciones para gases de combustión
- GH – Grúas de Residuos
- Load Resistance Factor Design (LRFD) – Manual of Steel Construction
- Aceros Comerciales – Perfiles Estructurales

## SOFTWARE

- INVENTOR 2016
- TEKLA STRUCTURES V19
- Microsoft Office 2016
- Convert
- ClassPad Manager

## PAGINAS DE INTERNET:

- <http://www.promarequipa.com/aqpdemografia.html>
- <http://www.saludarequipa.gob.pe/oei/POestadisticas2015.php>
- <http://www.energia.renovetec.com/100-preguntas-sobre-energia?start=10>
- <http://www.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/que-son-el-van-y-el-tir>



## ANEXOS





# **Anexo 01: Implementos para la Manipulación de Materiales**

# Implementos para la manipulación de materiales



# LIEBHERR

# Pulpos

Los pulpos, probados en la práctica, son herramientas indispensables para las manipuladoras Liebherr. Gracias a su bien estudiada geometría, los pulpos están perfectamente adaptados a las máquinas Liebherr. El resultado es un excelente comportamiento de carga y una productividad óptima.

## **Pulpo** (datos técnicos en la página 20/21)

- Capacidades de 0,40 m<sup>3</sup> – 4,5 m<sup>3</sup>
- Con cuatro o cinco garras
- Garras abiertas/semicerradas/cerradas

## **Garras de construcción especial**

- Garras abiertas: perfil largo, chatarra, carrocerías de automóvil, etc.
- Garras semicerradas: de aplicación universal
- Garras cerradas: manipulación y carga de graneles, chatarra fragmentada etc.

## **Características**

- Refuerzos con material anti-desgaste
- Tratamiento para endurecer el material
- Rotación total 360° en todas las versiones
- Óptimas características de mantenimiento y de servicio
- Construcción modular ampliable

## **Ventajas**

- Los pulpos siempre están dimensionados acorde al modelo de la excavadora
- Múltiples aplicaciones con una sola herramienta
- Sobresaliente fuerza de cierre



Garras cerradas

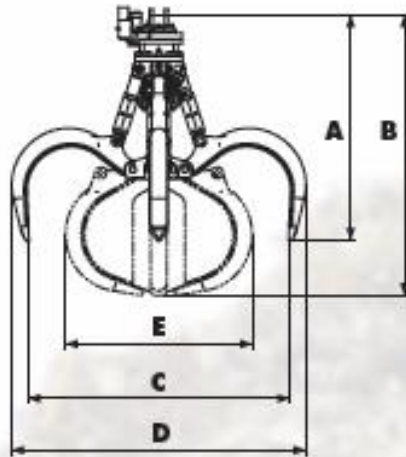
Garras semicerradas

# Pulpos

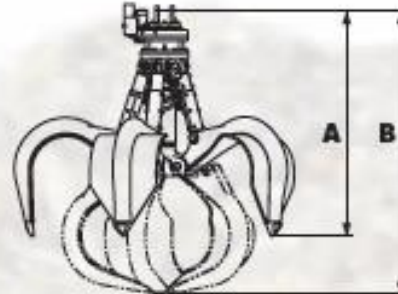
Pulpo de 4 garras	Capaci- dad m <sup>3</sup>	A	B	C	D	E	Peso kg		
		mm	mm	ø mm	ø mm	ø mm	gama/valva abierta	gama/valva semi-cerrada	gama/valva cerrada
<b>GM 64 (Clase: 20 - 30 t)</b>									
	0,4	1.670	1.960	1.705	2.000	1.265	845	1.055	1.060
	0,6	1.710	2.100	2.040	2.310	1.390	1.130	1.330	1.520
<b>GM 69 (Clase: 20 - 47 t)</b>									
	0,8	1.880	2.400	2.280	2.540	1.600	1.345	1.535	1.900
	1,1	1.880	2.400	2.290	2.595	1.770	1.385	1.640	2.000
<b>GMM 80-4 (Clase: 47 - 71 t)</b>									
	1,1	2.145	2.520	2.420	2.715	1.800	1.960	2.130	-
	1,4	2.120	2.595	2.550	2.805	1.915	1.990	2.195	-
	1,7	2.145	2.655	2.600	3.005	2.075	2.060	2.250	-
<b>GMM 120-4 (Clase: 71 - 100 t)</b>									
	1,7	2.270	2.830	2.770	3.100	2.100	2.200 <sup>™</sup>	2.500 <sup>**</sup>	-
	2	2.285	2.865	2.855	3.190	2.235	2.200 <sup>™</sup>	2.550 <sup>**</sup>	-
	2,5	2.325	2.970	3.050	3.390	2.335	2.315 <sup>™</sup>	2.635 <sup>**</sup>	-
	3	2.365	3.070	3.230	3.585	2.430	2.305 <sup>™</sup>	2.740 <sup>**</sup>	-
<b>Pulpo de 5 garras</b>									
<b>GM 55 (Clase: 18 - 21 t)</b>									
	0,4	1.560	1.815	1.695	2.020	1.325	1.055	1.130	1.180
<b>GM 65 (Clase: 20 - 30 t)</b>									
	0,4	1.670	1.960	1.705	2.000	1.265	1.150	1.285	1.325
	0,6	1.790	2.145	2.040	2.310	1.400	1.230	1.415	1.520
<b>GM 70C (Clase: 20 - 47 t)</b>									
	0,8	1.915	2.405	2.280	2.540	1.615	1.485	1.705	1.960
	1,1	1.885	2.405	2.290	2.595	1.770	1.590	1.860	1.995
	2 <sup>*</sup>	2.035	2.755	2.910	3.235	2.045	-	-	2.345
<b>GMM 80-5 (Clase: 47 - 71 t)</b>									
	1,1	2.145	2.520	2.420	2.715	1.800	2.190	2.400	2.550 <sup>™</sup>
	1,4	2.120	2.595	2.550	2.805	1.915	2.240	2.480	2.600
	1,7	2.145	2.655	2.600	3.005	2.075	2.310	2.550	2.720
<b>GMM 120-5 (Clase: 71 - 100 t)</b>									
	1,7	2.270	2.830	2.770	3.100	2.100	2.500	2.840	2.950 <sup>™</sup>
	2	2.285	2.865	2.855	3.190	2.235	2.570	2.900	3.145 <sup>**</sup>
	2,5	2.325	2.970	3.050	3.390	2.335	2.640	3.010	3.300 <sup>**</sup>
	3	2.365	3.070	3.230	3.585	2.430	2.700	3.140	3.465 <sup>**</sup>
<b>GM 75B (Clase: 82 - 110 t)</b>									
	2	2.850	3.540	3.200	3.470	2.310	3.400	4.100	4.500
	2,5	2.885	3.620	3.350	3.630	2.445	3.550	4.250	4.650
	3	2.930	3.745	3.580	3.860	2.520	3.700	4.400	4.800
<b>GM 85 (Clase: 82 - 120 t)</b>									
	3,1	3.025	3.565	3.300	3.700	2.685	-	5.500	-
	3,5	3.060	3.630	3.430	3.885	2.780	-	5.700	-
	4	3.125	3.755	3.600	4.215	2.850	-	5.900	6.700

\* para chatarra suelta, <sup>™</sup> Las cifras son provisionales, todos los pesos determinados por CAD  
A: altura con bivalva abierta, B: altura con bivalva cerrada, C: anchura en boca, D: anchura en boca con bivalva abierta, E: anchura en boca con bivalva cerrada.

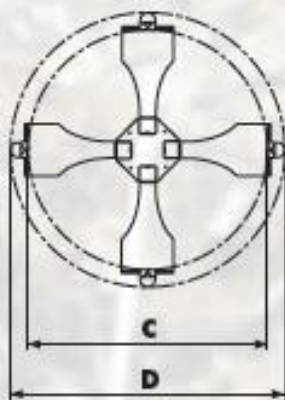
**Pulpo de 4 garras, vista lateral**



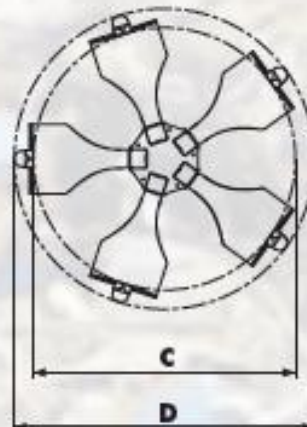
**Pulpo de 5 garras, vista lateral**



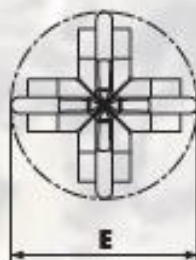
**Pulpo de 4 garras, vista desde abajo, abierto**



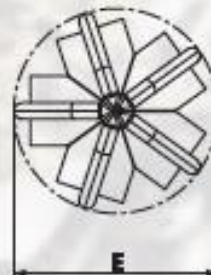
**Pulpo de 5 garras, vista desde abajo, abierto**



**Pulpo de 4 garras, vista desde abajo, cerrado**



**Pulpo de 5 garras, vista desde abajo, cerrado**





## Anexo 02: Grúas de Residuos

# GH



## GRÚAS DE RESIDUOS

CON MANIPULADOR DE ACCIONAMIENTO  
ELECTROHIDRÁULICO O MECÁNICO

PONTE ROLANTE SUWNICE BRUAS CRANES PONT-ROULANT PONTE ROLANTE SUWNICE

## TABLAS DE SELECCIÓN

### GRÚAS CON APAREJO ELECTROHIDRÁULICO

Tipo de Reductora	Capacidad tn.	Pulpo o Cuchara m <sup>3</sup>	Grupo de Trabajo*	Luz del Puente (m)	Recorrido Gancho (m)	Velocidad de Elevación (m/min)	Velocidad del Carro (m/min)	Velocidad del Puente (m/min)
GHF	3,2	2 - 2,5	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80
	4	2,5	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80
	5	3 - 3,5	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 38	20 - 40	40 - 80
GHG	6,3	4 - 4,5	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 38	20 - 40	40 - 80
	8	5 - 6	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80
	10	8 - 9	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80
GHI	12	8 - 9	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80
	13,5	10	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 50	20 - 40	40 - 80
	15	10 - 12	M7 - M8	5 - 30	10 - 30	16 - 40	20 - 40	40 - 80

\* La experiencia nos indica que para este tipo de instalaciones, se recomienda la instalación de grupos de trabajo M7 ó M8.

### ALGUNAS REFERENCIAS

Cap. tn.	Empresa
3,2	DRAGADOS OBRAS Y PROYECTOS - MELILLA
4	U.T.E. PLANTA R.S.U. PINTO - MADRID
5	MASIAS RECYCLING - CHINA
6,3	ANDRITZ - SUIZA
8	U.T.E. CBC MIRAMUNDO - CADIZ
10	U.T.E. ECOPARC - BARCELONA
12	U.T.E. MEIRAMA - LA CORUÑA
13,5	VERTRESA - MADRID
15	U.T.E. MONTCADA - BARCELONA



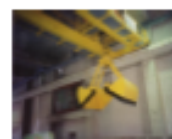
### GRÚAS CON MANIPULADOR MECÁNICO

Tipo de Reductora	Capacidad tn.	Pulpo o Cuchara m <sup>3</sup>	Grupo de Trabajo*	Luz del Puente (m)	Recorrido Gancho (m)	Velocidad de Elevación (m/min)	Velocidad del Carro (m/min)	Velocidad del Puente (m/min)
GHG	12	5 - 6,3	M7 - M8	20 - 30	10 - 30	40 - 48	40 - 60	40 - 80
	13	6,3 - 8	M7 - M8	20 - 30	10 - 30	40 - 48	40 - 60	40 - 80
GHI	15	8 - 10	M7 - M8	20 - 30	10 - 30	40 - 80	40 - 60	40 - 80
GHJ	18	10	M7 - M8	20 - 30	10 - 30	40 - 80	40 - 60	40 - 80
	20	12,5	M7 - M8	20 - 30	10 - 30	40 - 80	40 - 60	40 - 80
	25	12,5 - 16	M7 - M8	20 - 30	10 - 30	40 - 80	40 - 60	40 - 80

\* La experiencia nos indica que para este tipo de instalaciones, se recomienda la instalación de grupos de trabajo M7 ó M8.

### ALGUNAS REFERENCIAS

Cap. tn.	Empresa
10	VIROEX - USURBIL
12	TIRME S.A. - MALLORCA
13	GONIO S.L. - CUBA
15	TIRME S.A. - MALLORCA
18	TIRME S.A. - MALLORCA
20	VIROEX S.L. - CUBA
25	TIRME S.A. - MALLORCA



Estos datos son orientativos, se recomienda en cualquier caso consultar con GH. Para otras configuraciones o dimensiones, consultar con la Sede Central de GH.

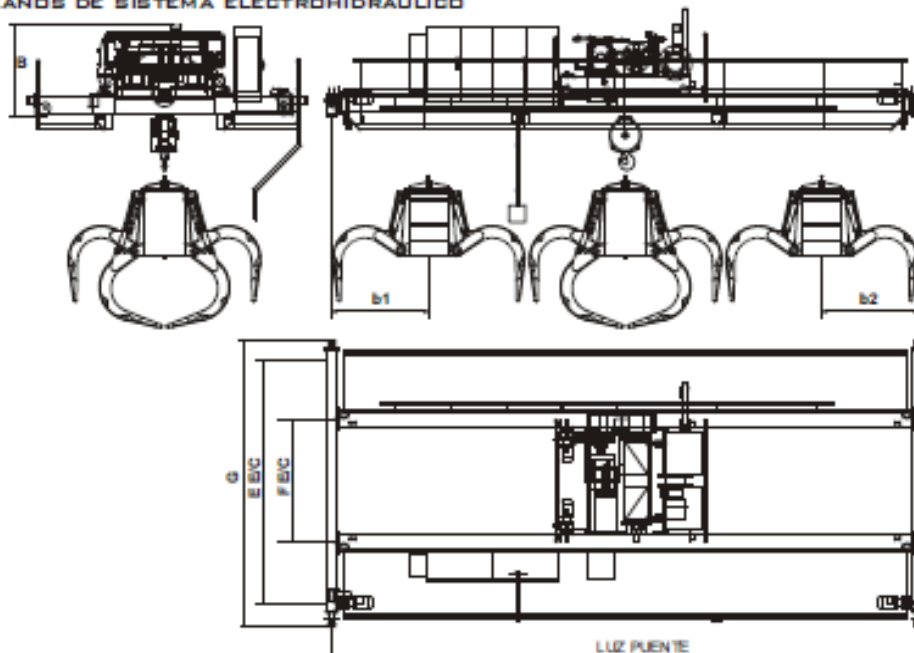
CRANES PONT-ROULANT PONTE ROLANTE SUWNICE GRUAS CRANES PONT-ROULANT

**TABLA DE PUENTES GRÚA RSU**

**TABLA DE SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO**

Tipo Reduc.	Cap. carga Tn	Carril	H m	Vel. Elev. m/min	Grupo FEM	LuZ Puente m	Pulpo Cuchara m <sup>2</sup>	Apert. Mlx. Pulpo	b1 mm	b2 mm	A mm	B mm	E E/C mm	F E/C mm	G mm	RV Mlx Kg	RV Min Kg	RT Mlx Kg	RF Kg		
GHF	3,2	A-65	104-30	164-40	M8	10	24-2,5	3075	1537	1538	3085	1650	2800	5000	5565	5565	10000	5000	2000	2000	
						15										5565	10000	5000	2000	2000	
						20										5565	10000	5000	2000	2000	
						25										5565	10000	5000	2000	2000	
						30										5565	10000	5000	2000	2000	
						35										5565	10000	5000	2000	2000	
	4	104-30	164-40	M8	10	3	3075	1537	1538	3085	1650	2800	5000	5565	5565	10000	5000	2000	2000		
															15	5565	10000	5000	2000	2000	
															20	5565	10000	5000	2000	2000	
															25	5565	10000	5000	2000	2000	
															30	5565	10000	5000	2000	2000	
															35	5565	10000	5000	2000	2000	
5	104-30	164-38	M8	10	3+3,5	3280	1640	1640	3345	1650	2800	5000	5565	5565	10000	5000	2000	2000			
														15	5425	9500	4500	1500	1500		
														20	5425	9500	4500	1500	1500		
														25	5425	9500	4500	1500	1500		
														30	5425	9500	4500	1500	1500		
														35	5425	9500	4500	1500	1500		
6,3	104-30	164-38	M8	10	4+4,5	3550	1825	1825	3455	1782	2800	5000	5565	5565	10000	5000	2000	2000			
														15	5425	9500	4500	1500	1500		
														20	5425	9500	4500	1500	1500		
														25	5425	9500	4500	1500	1500		
														30	5425	9500	4500	1500	1500		
														35	5425	9500	4500	1500	1500		
GHG	8	A-65	104-30	164-40	M8	10	5+6	3915	1957	1958	4060	1862	2800	5000	5625	5625	10000	5000	2000	2000	
																15	5625	10000	5000	2000	2000
																20	5625	10000	5000	2000	2000
																25	5625	10000	5000	2000	2000
																30	5625	10000	5000	2000	2000
																35	5625	10000	5000	2000	2000
	10	104-30	164-40	M8	10	8+9	4475	2237	2238	4430	1862	2800	5000	5625	5625	10000	5000	2000	2000		
															15	5625	10000	5000	2000	2000	
															20	5625	10000	5000	2000	2000	
															25	5625	10000	5000	2000	2000	
															30	5625	10000	5000	2000	2000	
															35	5625	10000	5000	2000	2000	
12	104-30	164-40	M8	10	8+9	4475	2237	2238	4270	2090	2800	5000	5625	5625	10000	5000	2000	2000			
														15	5625	10000	5000	2000	2000		
														20	5625	10000	5000	2000	2000		
														25	5625	10000	5000	2000	2000		
														30	5625	10000	5000	2000	2000		
														35	5625	10000	5000	2000	2000		
13,5	104-30	164-50	M8	10	10	4515	2307	2308	4975	2225	3100	5000	5625	5625	10000	5000	2000	2000			
														15	5625	10000	5000	2000	2000		
														20	5625	10000	5000	2000	2000		
														25	5625	10000	5000	2000	2000		
														30	5625	10000	5000	2000	2000		
														35	5625	10000	5000	2000	2000		
15	104-30	164-40	M8	10	10+12	4960	2480	2480	5035	2315	3100	5800	5770	5770	10000	5000	2000	2000			
														15	5770	10000	5000	2000	2000		
														20	5770	10000	5000	2000	2000		
														25	5770	10000	5000	2000	2000		
														30	5770	10000	5000	2000	2000		
														35	5770	10000	5000	2000	2000		

**PLANOS DE SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO**



CRANES PONT-ROULANT PONTE ROLANTE SUWNICE GRUAS CRANES PONT-ROULANT



**Anexo 03: Turbinas de Vapor,  
Alternador y Transformador  
Industriales.**



## Turbinas de vapor industriales

La gama integral de productos de 2 a 250 MW

Answers for energy.

**SIEMENS**

## Flexibles, fiables y robustas: Turbinas de vapor industriales Siemens

Como líderes del mercado mundial de turbinas de vapor industriales, ofrecemos una gama de productos completa de turbinas de vapor versátiles. Con más de 100 años de experiencia en fabricación de turbinas y una flota de más de 20.000 máquinas instaladas, somos un proveedor en cuya tecnología se puede confiar.

Siemens ofrece una gama completa de turbinas de vapor industriales de 45 kW a 1.200 MW con la flexibilidad de cumplir los requisitos específicos para cada aplicación. Ofrecemos catálogos de productos separados para nuestra gama de turbinas de vapor prediseñadas con una potencia de 45 kW a 10 MW, y para grandes turbinas de vapor de 250 a 1.200 MW.

Nuestras turbinas de vapor industriales, cumplen los requisitos del cliente en cuanto a instalación y operación más económicas, suministrando una excelente flexibilidad en procesos industriales complejos. De modo que si requiere un accionamiento de generador para generación de energía o un accionamiento mecánico para compresores, sopladores o bombas, hable con nosotros, y juntos seleccionaremos la turbina o el turboset óptimos para satisfacer sus necesidades.

Por supuesto, nos apegamos estrictamente a las directivas de las normativas de calidad ISO 9001 e ISO 14001. No sólo las turbinas de vapor, sino también los productos asociados, acreditados y de alta tecnología están disponibles en la gama de Siemens, incluyendo generadores e instrumentación y control, así como todos los sistemas auxiliares y accesorios.

Modelo	Parámetros de vapor (hasta máx.)	Potencia (MW)											
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	250		
SST-100	65 bar, 480 °C												
SST-150	103 bar, 505 °C												
SST-200	110 bar, 520 °C												
SST-300	120 bar, 520 °C												
SST-400	140 bar, 540 °C												
SST-500	30 bar, 400 °C												
SST-600	140 bar, 540 °C												
SST-700	165 bar, 585 °C												
SST-800	140 bar, 540 °C												
SST-900	165 bar, 585 °C												

## Aplicaciones

Las turbinas de vapor industriales de Siemens posibilitan una generación eficiente de electricidad y mejoran la rentabilidad de procesos industriales.

### Sectores

- Empresas energéticas
- Productores independientes de electricidad (IPP)
- Industria química
- Petroquímica/ refinarias
- Madereras, papeleras
- Minería, metalúrgica y siderurgia, acerías
- Industria procesadora, cementera
- Industria azucarera, de etanol y de aceite de palma
- Industria de alimentos y bebidas

### Campo de aplicación

- Plantas de ciclo combinado
- Plantas de cogeneración (electricidad y calor)
- Plantas de recuperación de calor
- Centrales energéticas de biomasa
- Plantas incineradoras de basura
- Centrales termo-solares
- Plantas geotérmicas
- Accionamientos mecánicos
- Barcos/ plataformas marítimas

### Ventajas más importantes

- Alto rendimiento, eficiencia
- Gran fiabilidad y disponibilidad
- Soluciones comprobadas a medida del cliente
- Diseño compacto
- Puesta en servicio y mantenimiento sencillos



SST-100 (hasta 8,5 MW)



SST-150 (hasta 20 MW)



SST-200 (hasta 10 MW)



SST-300 (hasta 50 MW)



SST-400 (hasta 65 MW)



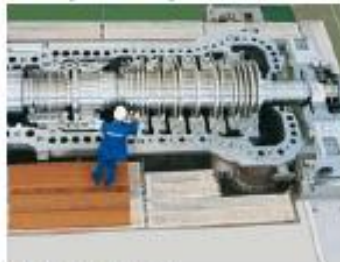
SST-500 (hasta 100 MW)



SST-600 (hasta 100 MW)



SST-700 (hasta 175 MW)



SST-800 (hasta 150 MW)



SST-900 (hasta 250 MW)

## Turbinas de vapor industriales

La gama integral de productos de 2 a 250 MW



### SST-100

#### Hasta 8,5 MW

La SST-100 es una turbina de carcasa simple, con reductor para accionamiento de generador; prefabricada incluyendo los álabes como solución económica. Se utiliza principalmente para aplicaciones industriales.

#### Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 8,5 MW
- Presión de entrada de hasta 65 bar
- Temperatura de entrada de hasta 480 °C
- Velocidad de giro de hasta 7.500 rpm
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 10 bar o condensación de hasta 1 bar
- Área de escape 0,22 m<sup>2</sup>

#### Dimensiones típicas

Longitud 8 m  
Ancho 3,7 m  
Altura 3,4 m

#### Características

- Contrapresión/Condensación
- Diseño de la unidad como paquete
- Escape radial
- Diseño simple, rotor rígido
- Sistema de aceite integrado en la base de la estructura
- Tuberías de aceite y vapor separadas



### SST-150

#### Hasta 20 MW

La SST-150 es una turbina de carcasa simple, que acciona el generador hasta 1.500 ó 1.800 rpm y tiene un diseño en paquete sobre bastidor (skid). Para generar energía, aporta elevada eficiencia junto con una configuración muy compacta.

#### Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 20 MW
- Presión de entrada de hasta 103 bar
- Temperatura de vapor de entrada de hasta 505 °C
- Velocidad de giro de hasta 13.300 rpm
- Toma de hasta 25 bar
- Extracción controlada de hasta 16 bar
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 10 bar o condensación de hasta 0,25 bar
- Área de escape 0,28 – 1,6 m<sup>2</sup>

#### Dimensiones típicas

Longitud 12 m  
Ancho 4 m  
Altura 5 m

#### Características

- Contrapresión/Condensación
- Diseño de la unidad en paquete
- Módulos de turbina prefabricados, periféricos modulares
- Extracción controlada simple
- Escape radial
- Tuberías de aceite y vapor separadas



### SST-200

#### Hasta 10 MW

La SST-200 es una turbina de carcasa simple, con reductor o accionamiento directo apto tanto para accionamientos de generador como mecánicos. Se emplea para aplicaciones industriales y de generación de energía.

#### Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 10 MW
- Presión de entrada de hasta 110 bar
- Temperatura de entrada de hasta 520 °C
- Extracción controlada de hasta 16 bar y hasta 350 °C
- Toma de hasta 60 bar
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 16 bar o condensación de hasta 0,25 bar
- Área de escape 0,17 – 0,34 m<sup>2</sup>

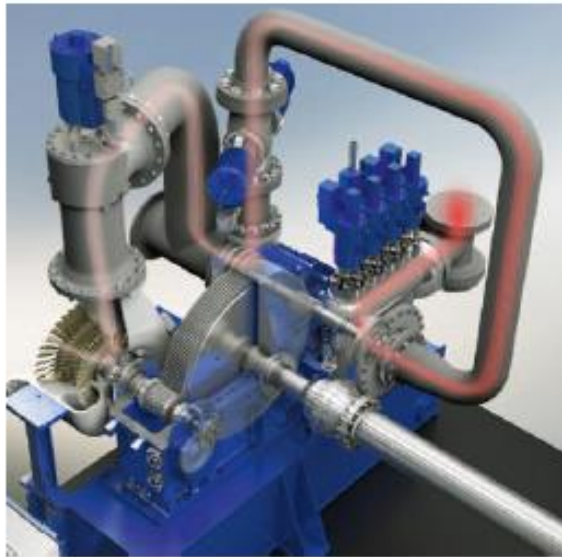
#### Dimensiones típicas

Longitud 4 m\*  
Ancho 2 m\*  
Altura 2,5 m\*

\*sobre bastidor (skid) de turbinas

#### Características

- Contrapresión/Condensación
- Diseño de la unidad en paquete
- Prediseño extenso
- Alta velocidad, escape superior/inferior
- Trayecto de vapor a la medida del cliente
- Corto plazo de entrega



#### Technical Data

- Output of up to 12 MW
- Main steam pressure up to 131 bar(a)
- Main steam temperature up to 530° C
- Exhaust steam pressure - Condensation down to 0.06 bar(a) maximum

#### Typical Dimensions

- Length: approximately 8 m, including generator
- Width: 4.0 m
- Height: 4.0 m

#### Features

- Fast start-up without preheating
- Saturated steam operation
- Condensing design
- Package design
- Oil supply system integrated into the baseframe
- Nozzle-group control option available
- Compact configuration
- Pressure-controlled extraction and/or injection
- High pressure/low pressure arrangement
- ATEX design available as an option

### Turbine Design

The turbine casings are bolted to the bearing housing kinematically so as to maintain centricity and permit unrestrained thermal expansion. The vertical casing joint facilitates access to the impeller. The admission valve with combined control and stop-valve function is opened or closed by a flanged-on, pneumatically-controlled servomotor.

#### Gearbox

The integrated gearbox is manufactured in-house and is tailored to the turbine design. The gearbox casing contains the plain bearings that are supplied with pressurized lube oil and the gear wheels. The ground gear teeth, together with optimization of the contact pattern during installation, ensure smooth running behavior at low noise levels.

We are thus able to achieve short lead times and optimum matching to both the turbine and the customer's operating mode.

#### Oil System

The oil supply system is integrated into the baseframe and consists of an electric oil pump for startup, a mechanically-driven main oil pump, a replaceable filter and an air-cooled oil cooler.

### Baseframe


The SST-111 steam turbine is delivered completely assembled as a pre-tested package unit. The turbine, gearbox and oil supply system are mounted on a shared baseframe.

The compact, integrated configuration permits outputs of up to 12 MW under limited spatial conditions.

### Comprehensive Service

Siemens offers an extensive portfolio of service solutions and products for the SST-111 to ensure efficient plant operation. This service encompasses:

- Installation and commissioning
- Training of customer personnel
- Assessment of the condition, maintenance, inspection and overhaul
- Modification, upgrading and optimization
- Provision of spare parts
- Condition diagnostics



**SIEMENS**

### Siemens Air-Cooled Generators SGen-100A-2P Series

Efficient and reliable  
with ratings from 25 MVA up to 370 MVA

This PDF offers an advanced interactive experience.  
For the best viewing experience, please use Acrobat Reader X or higher.

[siemens.com/generators](http://siemens.com/generators)

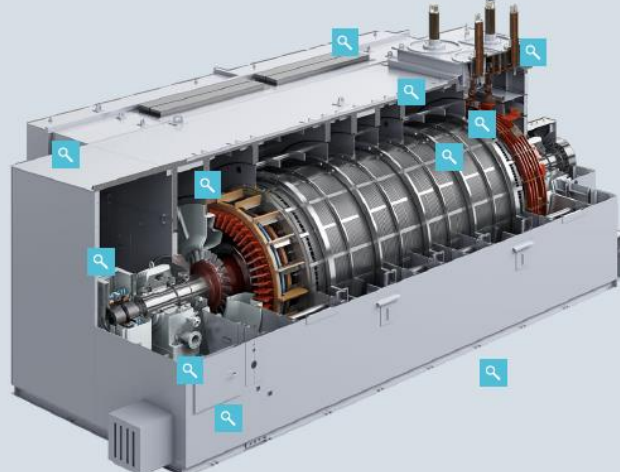
## SGen-100A-2P Two-pole synchronous generators

Siemens SGen-100A air-cooled generators are part of the Siemens Generator (SGen™) product line with enhanced performance.

The design benefits from more than 150 years of experience in the development of electrical machines since Werner von Siemens invented the electrical generator in 1866. →

Our air-cooled generator series offers a competitive advantage to our customers by providing ratings up to 370 MVA and service-proven technology.

With the continuous improvement and service proven technology of our generators, we focus on increased reliability, improved serviceability, high efficiency and optimum plant integration.

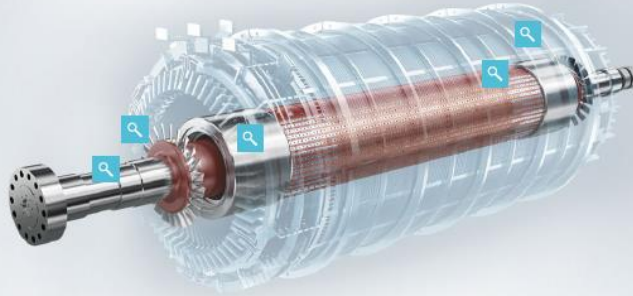


Customer benefits	Flexibility & customization
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Increased performance</b> Up to 370 MVA as a cost-effective alternative to hydrogen- or water-cooled generators</li> <li>• <b>World class efficiency of up to 98.9%</b></li> <li>• <b>Proven technology</b> Our air-cooled generators have been improved continuously over the past 20 years. We have more than 1,300 references in operation</li> <li>• <b>Long service life</b> Designed for up to 10,000 start/stop cycles during the life-time of the generator and to remain stable during load changes or flexible operation</li> <li>• <b>Erection &amp; commissioning</b> Siemens generators are designed and manufactured for ease of use. Our robust and proven design features pre-assembled components for shortened commissioning time</li> <li>• <b>Excellent serviceability</b> Most of our generators' components are maintenance free. The few parts and connections that require maintenance are easily accessible</li> </ul>	

## Key features

Apparent power  
**25 to 370 MVA**

up to  
**98.9%**  
efficiency



	Frequency	Apparent power	Efficiency	Designed for power factor	Terminal voltage
SGen5-100A-2P	50 Hz	25 – 370 MVA	up to 98.9%	0.80	6.3 – 20 kV
SGen6-100A-2P	60 Hz	25 – 370 MVA	up to 98.9%	0.85	6.3 – 20 kV

### Robust design

### Service & maintenance

- Mechanical forces from both operation and transient events, such as short circuits, are safely transmitted via welded-on spring elements from the stator core to the base frame and foundation
- The self-supporting structure of the base frame with integrated cover, machine auxiliaries and exciter set facilitates easy on-site installation
- The protective coating comes standard with corrosion class C3 and can be upgraded to C5-M
- The generators are operational in a wide variety of ambient temperature ranges from -20° C to +50° C. Extended temperature ranges can be achieved with some modifications



Siemens is using Global Vacuum Pressure Impregnation (GVPI) technology for manufacturing robust and maintenance free generator stators

## Applications

### Gas and steam power plants

Our air-cooled generators fit to most steam and gas turbines on the market for maximum flexibility



### Oil and gas applications

Special explosion protection solutions are offered for a broad variety of applications and the highest operational safety



### Footprint™ generators

Replacement of older, high maintenance generators from different OEMs with state-of-the-art Siemens SGen-100A series generators



### Synchronous condensers

Solution for transmission grid stabilization with a high amount of power infeed from renewable sources



### Renewable energies

Using natural sources like biomass, solar and geothermal energy for power generation



### Generators in gas and steam power plants

Gas and steam power plants will continue to contribute significantly to a needs-oriented power supply.

They are the basis of a working energy mix, which is indispensable for meeting the major challenges of today and tomorrow.

Our air-cooled generators complement turbine packages of any manufacturer and fulfill grid requirements as well as specific customer needs and environmental requirements.



## References

SGen-100A-2P generators are operating around the globe - all being manufactured at Siemens Erfurt, Germany. Design & engineering, sales, project management, manufacturing and testing work closely together in one location.

Move your mouse over one of the reference highlights to see details, and use the buttons below to show references for each application.



Show all highlights

Choose your application:



Gas and steam power plants



Oil and gas applications



Footprint™ generators



Synchronous condensers



Renewable energies





[siemens.com/geafol](http://siemens.com/geafol)



## GFAFOL – para hacer frente a los más altos requisitos in situ

### Fáciles de integrar en cualquier lado

Los transformadores aislados por resina colada GFAFOL® constituyen la solución óptima en cualquier parte donde la existencia de unas elevadísimas densidades de carga exija una alimentación próxima a los abonados. Estos transformadores proporcionan a los proyectistas la necesaria libertad, ya que con ellos se facilitan las ejecuciones de red al ser seguros y respetuosos con el medio ambiente y porque hacen posible una alimentación eléctrica próxima al punto del consumo, sin exigir recintos o medidas especiales. Estos aspectos hacen de los transformadores de distribución elementos muy idóneos para su utilización en edificios.

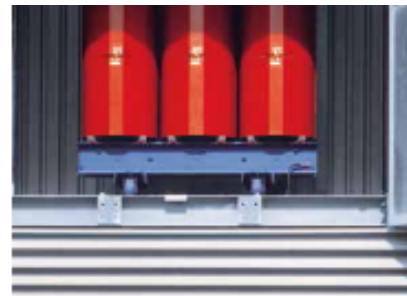
**Ventaja:** Los transformadores aislados por resina colada GFAFOL pueden integrarse de manera fácil en cualquier parte: Directamente in situ, ya sea en edificios comerciales o residenciales o en la producción, para su utilización en la industria o para transportes.

Los transformadores aislados por resina colada GFAFOL permiten cumplir de manera muy sencilla los reglamentos tales como la protección contra incendios y la protección de las aguas subterráneas. De este modo, esta tecnología no sólo es de difícil combustión y autoextinguible, resistente a la humedad y al clima tropical, sino que también asegura un bajo nivel de ruido, estos transformadores amplían la adaptación al sistema, haciendo de este modo la planificación más flexible.

Si desea proyectar su sistema de manera óptima con GFAFOL, encontrará en este folleto consejos importantes.

## cumplir el lugar de emplazamiento

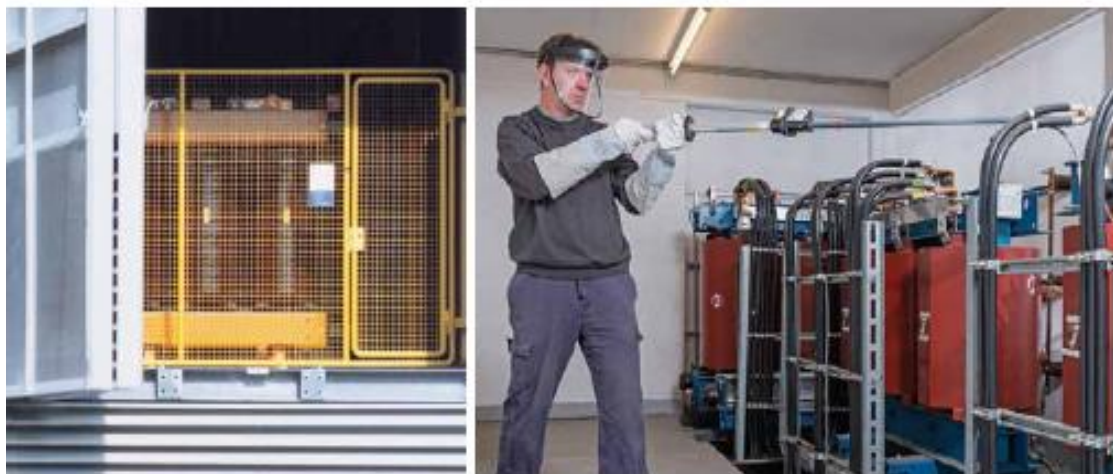
Los transformadores GEAFOL plantean unos requisitos mínimos al lugar de emplazamiento. Esto se deriva de las prescripciones de protección contra incendios y protección contra pérdidas por fugas según IEC 61936-1 (DIN EN 61936-1). A continuación se presenta una comparativa de transformadores con diferentes ejecuciones sobre la base de estas prescripciones y normas tal y como eran vigentes en 2011.



Medidas de seguridad para la protección contra incendios según DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1), visión general simplificada

Tipo de transformador	Clase	Medidas de seguridad en instalaciones en el interior en recintos eléctricos cerrados		Instalaciones al aire libre
Transformadores de líquido (D)	Volumen del líquido			
	≤ 1.000 l	Paredes EI60 ó bien REI60	Las puertas deben mostrar una duración de resistencia al fuego de por lo menos 60 minutos.  Para puertas que abren al exterior será suficiente si son difícilmente inflamables.	Distancias suficientes y/o paredes aislantes resistentes al fuego
> 1.000 l	Paredes EI90 ó bien REI90 ó EI60 ó bien REI60 y dispositivo automático de extinción de incendios			
Transformadores de líquido difícilmente inflamable (K)	Potencia nominal / tensión de servicio máxima			
Sin protección incrementada	Sin límites	Paredes EI60 ó bien REI60 ó dispositivo automático de extinción de incendios		
Con protección incrementada	≤ 10 MVA und U <sub>m</sub> ≤ 38 kV	Paredes EI60 ó bien REI60 ó distancia de 1,5 m horizontal y 3 m vertical		
Transformadores secos (A)	Clase de reacción al fuego			
	F0	Paredes EI60 ó bien REI60 ó distancia de 1,5 m horizontal y 3 m vertical		Distancias suficientes o paredes aislantes resistentes al fuego
	F1	Paredes no inflamables		Ningunas medidas adicionales requeridas para la protección contra incendios





**Clasificación según IEC 60076-11**

Esta norma define clases climáticas, de ambiente y de incendio. De este modo se tienen en cuenta las diferentes condiciones de servicio en el lugar de emplazamiento.

La clase climática tiene en cuenta la temperatura ambiente más baja.

**Clase C1:** Instalación en interiores a una temperatura no inferior a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , comprobación mediante ensayo

**Clase C2:** Instalación a la intemperie hasta una temperatura de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , comprobación mediante ensayo

De este modo, la clase climática es también una medida de la resistencia al desgarro del encapsulado con resina colada.

La clase de ambiente tiene en cuenta la humedad del aire, la condensación y la polución.

**Clase E0:** Sin condensación, polución despreciable

**Clase E1:** Condensación ocasional, polución limitada posible, comprobación mediante ensayo

**Clase E2:** Condensación o polución frecuente, también ambas simultáneamente, comprobación mediante ensayo

La clase de incendio tiene en cuenta las posibles consecuencias de un incendio.

**Clase F0:** No se proveen ningunas medidas especiales para limitar el peligro de incendios

**Clase F1:** Gracias a las características del transformador se limita el peligro de incendio, comprobación mediante ensayo

**¡Importante!**

La empresa propietaria debe definir las clases necesarias conforme a EN 50541-1.

**Los transformadores GEA FOL cumplen las clases definidas en IEC 60076-11 más altas:**

<b>Clase climática</b>	<b>C2</b>
<b>Clase de ambiente</b>	<b>E2</b>
<b>Clase de incendio</b>	<b>F1</b>

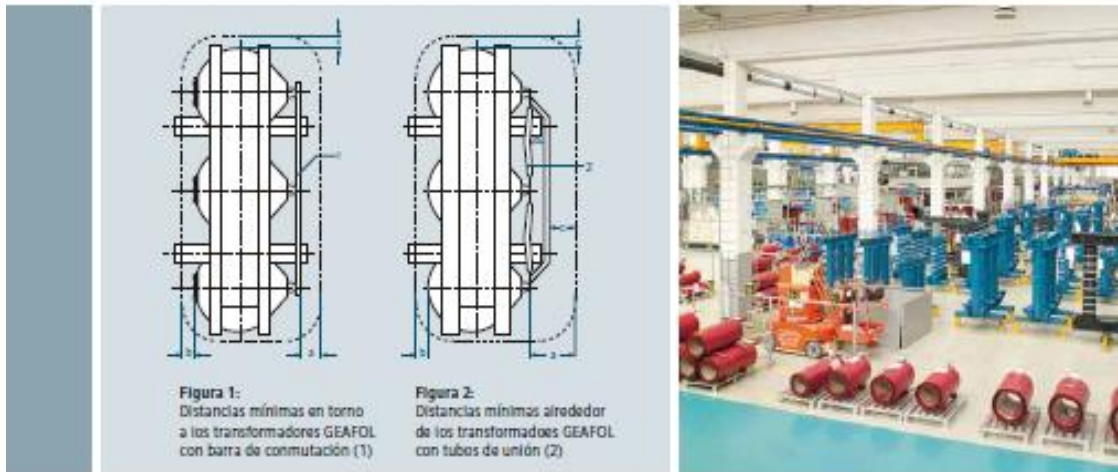
De este modo, los transformadores GEA FOL:

- ofrecen seguridad de funcionamiento – incluso en caso de condensación y polución
- son adecuados para instalación a la intemperie a temperaturas de hasta  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  con su envolvente de protección IP23 y acabado de pintura especial (para temperaturas inferiores o bien condiciones ambientales especiales)
- contribuyen en alta medida a la protección contra incendios

**Directiva sobre diseño ecológico 2009/125/CE**

Los transformadores que se instalan dentro de la Comunidad Europea deben satisfacer las exigencias de la Directiva sobre diseño ecológico 2009/125/CE.

La Directiva sobre diseño ecológico define el marco según el cual se determinan las exigencias para el diseño ecológico de productos relacionados con la energía.



**Figura 1:**  
Distancias mínimas en torno  
a los transformadores GEAFOL  
con barra de conmutación (1)

**Figura 2:**  
Distancias mínimas alrededor  
de los transformadores GEAFOL  
con tubos de unión (2)

**Temperatura del aire de refrigeración**  
Los transformadores se diseñan según las normas correspondientes para los siguientes parámetros del aire de refrigeración:

- Máximo 40 °C
- Media mensual del mes más caliente 30 °C
- Media anual 20 °C

En servicio normal se consigue el consumo normal durante la vida útil. La temperatura media anual y la carga son los parámetros más decisivos para el consumo durante la vida útil. Las temperaturas ambiente distintas a las anteriores supondrán variaciones en cuanto a la capacidad de carga admisible del sistema (Tabla 1).

**Condiciones particulares de instalación**  
A la hora de proyectar el sistema deben tenerse en cuenta las condiciones extremas in situ:

- Son relevantes para la utilización en condiciones climáticas extremas son la humedad del aire y las temperaturas predominantes

- Si se utilizan a altitudes superiores a 1.000 m, se precisa un dimensionamiento especial en cuanto a calentamiento y nivel de aislamiento, véase la IEC 60076-11
- En caso de sollicitaciones mecánicas superiores – utilización en barcos, excavadoras, zonas sísmicas, instalaciones eólicas, etc. – puede ser necesario incorporar características constructivas adicionales como p.ej., el arriostramiento de la parte superior del transformador.

**Distancias mínimas**  
Cuando el espacio sea muy ajustado como, p. ej., ocurre en las envolventes de protección, deben respetarse las distancias mínimas (Tabla 2). De este modo se evitan los saltos de chispa.

**Protección contra contactos directos**  
En servicio, la superficie de resina colada del bobinado del transformador no está protegida contra contactos directos. Por este motivo, se requiere una protección contra contactos directos fortuitos.

Tabla 1

Temperatura ambiente (media anual)	Capacidad de carga
-20°C	124%
-10°C	118%
0°C	112%
+10°C	106%
+20°C	100%
+30°C	93%

Tabla 2

Tensión máxima* de los equipos U <sub>m</sub> <sup>2</sup> (valor)	Tensión nominal de resistencia de impulso tipo rayo U <sub>m</sub> <sup>2</sup>		Distancias mínimas			
	Lista 1	Lista 2	a	b	c	d
[kV]	[kV]	[kV]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
12	-	75	120	*	50	40
24	95	-	160	*	80	50
24	-	125	220	*	100	70
36	145	-	270	*	120	90
36	-	170	320	*	160	110

\* Véase IEC 60071

\* Si de este lado se encuentran tomas de alta tensión, tendrá vigencia el valor de la columna a para la distancia b; en cualquier otro caso tendrá vigencia el valor de la columna c



## Anexo 04: Ciclones Industriales

**Nederman**

**Foundry solutions for dust and fume extraction  
for safe, clean and efficient production  
in foundry industries**



Industrial (Kowalski, Zrodzinski, Poland)



## Nederman offers a wide range of solutions for extraction and filtration in the foundry process

	PS/PD	MJS MJS/A/MG	MJC	PMC	PMK	MJC mini	Silosafe
							
Application	All foundry applications incl. hot gases from the melting process	All foundry applications incl. hot gases from the melting process	Sand plants, and metal finishing	Sand plants, metal finishing and downstream operations	Sand plants, metal finishing and downstream operations	Grinding and machining	Designed specifically for silo and bin venting applications
Air flow m <sup>3</sup> /h	6,000 - 275,000 multiple units for higher air volumes	790 - 225,000 multiple units for higher air volumes	2,000 - 75,000 multiple units for higher air volumes	5,300 - 21,000 multiple units for higher air volumes	1,800 - 10,500 multiple units for higher air volumes	250 - 2,000	1,250
Filter area	102 - 2,310 m <sup>2</sup>	7 - 1,370 m <sup>2</sup>	40 - 739 m <sup>2</sup>	32 - 128 m <sup>2</sup>	15 - 58 m <sup>2</sup>	4 - 40 m <sup>2</sup>	24 m <sup>2</sup>
Placement	In-/Outdoor	In-/Outdoor	In-/Outdoor	In-/Outdoor	In-/Outdoor	Indoor	In-/Outdoor

### Heavy duty cleaning

Nederman also offers high vacuum solutions for heavy duty cleaning, material transportation, collection of sand and settling applications. We offer both stationary systems for multiple suction points and mobile units.



Technical leaflet 150048 0	Date 2011-06-09
-------------------------------	--------------------

**Nederman**

## MJB-A, MJB-H and MJB-G

### Tubular Bag Filter



The MJB-A, MJB-H and MJB-G comprise an innovative range of robust, versatile tubular bag filter units that build upon the experience of the well-established MJB bag filters. By combining the advantages of two stage immersion type cleaning valves with the patented UniClean technology, maximum cleaning efficiency is achieved with very low energy consumption and minimal maintenance. All access for maintenance is from the top of the unit. The modular design, with several bolt together assembly options is optimized for transport by road or by sea container.

It also maximises flexibility on site, to suit available facilities.

Filter sizes from 158m<sup>2</sup> to about 1870m<sup>2</sup> are available as preassembled units.

The modular design enables larger units to be assembled and also existing units to be extended whenever required.

#### Features

- Robust welded steel construction
- Versatile modular design
- Weather proof for exposed locations
- Flat pack dirty air chamber option for efficient transport by road or sea container.
- May be extended or relocated if required
- Efficient cleaning with patented UniClean technology
- Integral pre-separation section
- Down flow / cross flow inlet air pattern to maximize dust handling capacity
- Low maintenance, with access from the unit top
- Two bag lengths available
- Higher temperature options including trace heating and insulation
- ATEX compliant for explosive dusts

#### Inlet air (raw gas) and clean air outlet connections

The dirty air enters at high level through the side of the dirty air chamber (as illustrated), or alternatively via the top of the dirty air chamber. It passes downwards through a generously sized pre-separation chamber, and then into the bag-house via a slotted profiled barrier to protect the bags from abrasion in a part cross flow and part down flow pattern, thus eliminating unwanted upward velocity effects.

The outlet air connections are at high level directly from the clean air chamber. These may be situated at the sides or end of the clean air chamber. Rectangular connection flanges are normally provided.



MJB-A/H/G

*Nederman*

### Cleaning system

The MJB-A, MJB-H and MJB-G filter units utilise an efficient compressed air pulse cleaning system. High capacity two stage full immersion diaphragm valves with close-coupled solenoid valves supply short

powerful pulses of compressed air supplied from generously sized certified header tanks. Cleaning efficiency is further enhanced by the patented UniClean filter cage design.

Compressed air cleaning tank	8 inch (203 mm) diameter; Max pressure 8 bar; Test pressure 12 bar; Certification 87/404/CEE, 90/486/CEE.
Operating parameters	normal head pressure range from 5.0 to 5.5 bar (dry, oil-free air) Free air consumption (anticipated max) 135 l/min per pulse per valve.

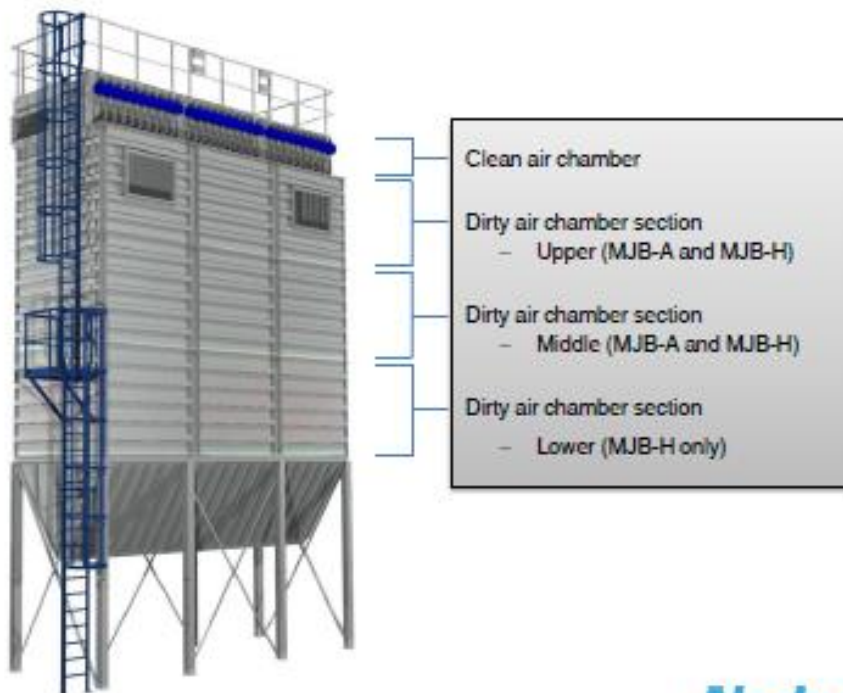
### Unit Strength

MJB-A, MJB-H and MJB-G units are designed for typical negative pressure (under-pressure) applications with the extraction fan separately mounted on the clean air side.

Positive pressure (over-pressure) applications are also possible, as below:

Standard construction: minus 6,000Pa to plus 2000Pa  
Optional construction: minus 10,000Pa to plus 5000Pa

For explosion relief area calculation: Reduced explosion pressure  $P_{red} = 0.2 \text{ barg}$



*Nederman*  
www.nederman.com

MJB-A/H/G

*Nederman*

## Filter bags and cages

The tubular filter bags are located in steel cell plates by means of patented profiled stainless steel snap rings, to ensure a positive seal.

Filter bags are available in three sizes:

- The MJB-A bag, length 4.1m dia. 155mm
- The MJB-G bag, length 4.1m dia. 130mm
- The MJB-H bag, length 6.1m dia. 155mm

A full range of media types is available either as standard or to special order, according to application.

The MJB-A is supplied normally with single piece cages incorporating the patented UniClean features. Two piece cages will be available as an option.

The MJB-H is supplied normally with two-piece cages with the upper part incorporating the patented UniClean features.

Filter cages are available in various designs and finishes to suit the application and special filter media. Stainless steel cages are available.



## General information

### Easy to install

- MJB-A, MJB-H and MJB-G modules minimise transport and installation costs. Each section may be delivered fully finished or as convenient sub-assemblies, for simple final assembly.
- Factory fitted fixings for access ladders are provided.
- Large top mounted lids give good access to the clean air chambers for installation of bags and cages.
- Patented profiled snap rings ensure positive leak-free location of bags.



## Higher temperature options

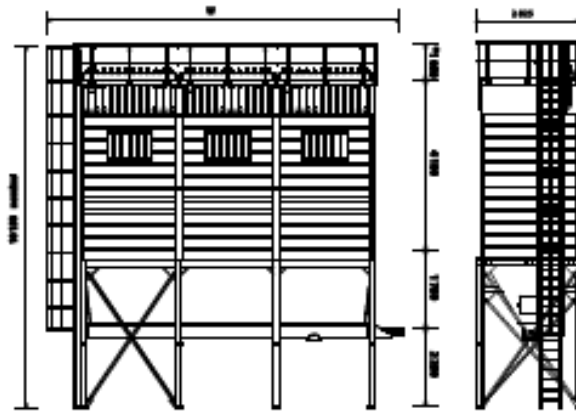
Units are available with higher temperature components, filter bags, cages, sealants and paint systems for operating temperatures up to 220° C. The units are suitable for trace heating and thermal insulation with weather proof cladding to be fitted if required.

*Nederman*  
www.nederman.com

MJB-A/H/G

Nederman

MJB-A and MJB-G Planning in



\* The Clean Air Chamber height includes the board

Hopper heights are typical values for 55° valley angle trough hopper

MJB-A unit	Filter area [m²]	no. of valves [pcs.]	Width W [mm]	No. of tanks [pcs.]	Filter weight excluding hopper [kg]	Typical weight of hopper [kg]	Number & size of sections			Compressed air consumption Nm³/h at 5.5 bar
							8 valves	10 valves	12 valves	
MJB 150A/8-10	150	8	3525	1	3417	1367	1	-	-	32.4
MJB 180A/10-10	180	10	4015	1	3890	1526	-	1	-	40.5
MJB 230A/12-10	230	12	4445	1	4367	1747	-	-	1	45.6
MJB 317A/16-10	317	16	5520	2	5855	2934	2	-	-	48.6
MJB 350A/18-10	350	18	5950	2	6308	3253	1	1	-	48.6
MJB 390A/20-10	390	20	6380	2	6781	3712	-	2	-	48.6
MJB 430A/22-10	430	22	6810	2	7258	3993	-	1	1	48.6
MJB 470A/24-10	470	24	7240	2	7735	3994	-	-	2	48.6
MJB 510A/26-10	510	26	7665	3	8226	3450	2	1	-	47.2
MJB 550A/28-10	554	28	8015	3	8729	3680	1	2	-	47.2
MJB 590A/30-10	594	30	8345	3	9272	3869	-	3	-	47.2
MJB 630A/32-10	630	32	8715	3	10149	4060	-	2	1	47.2
MJB 670A/34-10	670	34	9025	3	10626	4250	-	1	2	47.2
MJB 710A/36-10	710	36	10035	3	11103	4441	-	-	3	47.2
MJB 750A/38-10	750	38	10680	4	12090	4836	1	3	-	145.8
MJB 790A/40-10	790	40	11110	4	12567	5025	-	4	-	145.8
MJB 831A/42-10	831	42	11540	4	13040	5216	-	3	1	145.8
MJB 871A/44-10	871	44	11970	4	13517	5407	-	2	2	145.8
MJB 911A/46-10	911	46	12400	4	13994	5598	-	1	3	145.8
MJB 950A/48-10	950	48	12830	4	14471	5788	-	-	4	145.8
MJB 990A/50-10	990	50	13475	5	15454	6182	-	5	-	194.4
MJB 1029A/52-10	1029	52	13965	5	15931	6372	-	4	1	194.4
MJB 1069A/54-10	1069	54	14335	5	16408	6563	-	3	2	194.4
MJB 1108A/56-10	1108	56	14785	5	16885	6754	-	2	3	194.4
MJB 1148A/58-10	1148	58	15185	5	17362	6945	-	1	4	194.4
MJB 1188A/60-10	1188	60	15625	5	17839	7136	-	-	5	194.4

NOTE: Typical compressed air consumption based upon clean cycle max. 3 minutes  
Single valve pulsing for units up to MJB 475  
Two valves pulsing together for units up to MJB 710  
Three valves pulsing together for units up to MJB 850  
Four valves pulsing together for units up to MJB 1188

Nederman  
www.nederman.com

MJB-A/H/G




MJB-G unit	Filter area [m²]	no. of valves [pcs.]	Width W [mm]	No. of tanks [pcs.]	Filter weight excluding hopper [kg]	Typical weight of hopper [kg]	Number & size of sections			Compressed air consumption Nm³/h at 5.5 bar
							10 valves	13 valves	16 valves	
MJB 204 / G / 13-14	203	10	3505	1	3503	1367	1	-	-	48.0
MJB 204 / G / 13-14	204	13	4315	1	4104	1356	-	1	-	48.0
MJB 274 / G / 15-14	274	10	4445	1	4024	1747	-	-	1	48.0
MJB 467 / G / 20-14	467	20	5520	2	6177	2234	2	-	-	48.0
MJB 537 / G / 23-14	537	20	5850	2	6690	2529	1	1	-	48.0
MJB 608 / G / 25-14	608	26	6380	2	7209	2712	-	2	-	48.0
MJB 678 / G / 29-14	678	29	6810	2	7739	2903	-	1	1	48.0
MJB 748 / G / 32-14	748	32	7240	2	8249	3094	-	-	2	48.0
MJB 771 / G / 33-14	771	32	7305	2	8282	3490	2	1	-	57.0
MJB 841 / G / 36-14	841	36	8215	3	9790	3680	1	2	-	57.0
MJB 912 / G / 39-14	912	39	8745	3	10514	3969	-	3	-	57.0
MJB 982 / G / 42-14	982	42	9175	3	10834	4060	-	2	1	57.0
MJB 1052 / G / 45-14	1052	45	9605	3	11354	4250	-	1	2	57.0
MJB 1122 / G / 48-14	1122	48	10035	3	11873	4441	-	-	3	57.0
MJB 1145 / G / 49-14	1145	49	10680	4	12903	4836	1	3	-	145.0
MJB 1215 / G / 52-14	1215	52	11110	4	13419	5025	-	4	-	145.0
MJB 1286 / G / 55-14	1286	55	11540	4	13939	5216	-	3	1	145.0
MJB 1356 / G / 58-14	1356	58	11970	4	14459	5407	-	3	2	145.0
MJB 1426 / G / 61-14	1426	61	12400	4	14978	5598	-	1	3	145.0
MJB 1496 / G / 64-14	1496	64	12830	4	15498	5788	-	-	4	145.0
MJB 1520 / G / 65-14	1520	65	13475	5	16524	6182	-	5	-	194.4
MJB 1590 / G / 68-14	1590	68	13905	5	17044	6372	-	4	1	194.4
MJB 1660 / G / 71-14	1660	71	14335	5	17564	6563	-	3	2	194.4
MJB 1730 / G / 74-14	1730	74	14765	5	18083	6754	-	2	3	194.4
MJB 1800 / G / 77-14	1800	77	15195	5	18603	6945	-	1	4	194.4
MJB 1870 / G / 80-14	1870	80	15625	5	19123	7136	-	-	5	194.4

NOTE: Typical compressed air consumption based upon cleaning cycle max. 3 minutes  
 Single valve pulsing for units up to MJB748  
 Two valves pulsing together for units up to MJB1122  
 Three valves pulsing together for units up to MJB1496  
 Four valves pulsing together for units up to MJB1670



**Nederman**  
www.nederman.com



**Anexo 05: MSDS Oxido de Calcio –  
CaO**



**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD M.S.D.S.**

CEFAS S.A.	IRAM 41400/2006	Aprobación:
------------	-----------------	-------------

**I. Identificación del producto y de la compañía.**

Identificación del producto		USOS	
Nombre del Producto:	Cal Viva Triturada	Industria Siderurgica	Industria Química
Nombre Químico:	Oxido de Calcio	Minería	Industria del Papel
Formula Química:	CaO	Tratamiento de Aguas	Industria del Cuero
		Tratamiento de Efluentes	Industria Alimenticia

Identificación del fabricante		Datos de contacto	
Suministrador:	CEFAS S.A.	Teléfono (C.A.C.):	(+5411) 4124-9900
Domicilio:	Adolfo Aslina 1450 7° piso	Mail de contacto:	<a href="mailto:cac@cefas.com.ar">cac@cefas.com.ar</a>
Localidad:	CP1088. Cap. Fed.	Página Web:	<a href="http://www.cefas.com.ar">www.cefas.com.ar</a>

**II. Composición e información sobre componentes.**

Nombre Químico:	Oxido de Calcio	N° de CAS	1305-78-8
Principal Componente:	CaO	Peso molecular:	56,08

**III. Identificación de Peligros.**


**Efectos adversos sobre la salud humana:**


Piel:	Irritación severa, eventualmente causar erupciones y quemaduras.
Ojos:	Quemadura violenta, irritación severa, produciendo lesiones severas en función de la exposición.
Ingestión:	Su poder cáustico, puede generar quemaduras en boca, esófago, irritación de estomago, nauseas.
Inhalación:	Irritación en senos nasales, produciendo lesiones severas en función de la exposición. Congestión respiratoria pulmonar.

**Efectos adversos sobre el medioambiente:**

Medio Ambiente:	No representa riesgo al medio ambiente. La cal viva clásica es degradable en el tiempo, con la presencia de humedad y absorción del anhídrido carbónico se transforma en carbonato de calcio utilizado para la estabilización de suelos arcillosos.
Otras Informaciones:	No clasificado como Peligroso para la distribución y transporte HMR (Hazardous Materials Regulations (USA). En contacto con el agua libera importantes cantidades de calor aumentando su volumen en 2,5 veces. Precaución de contacto con el agua para evitar rotura de envases.

**IV. Primeros Auxilios.**


Piel:		En caso de producirse exposición en los ojos, lavar párpados y ojos, con abundante cantidad de agua fría directa de la canilla. De persistir la irritación, o de quedar cal sin remover, lavar con una solución diluida de vinagre común y cubrirlos con un vendaje estéril.
-------	---	--

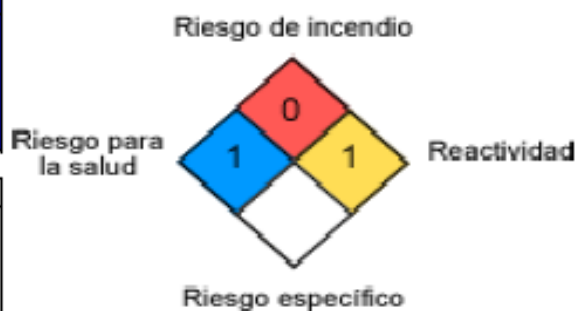
Ojos:		Si la piel estuvo expuesta a la cal, lavar con abundante agua fría. De persistir la irritación, o de quedar cal sin remover, lavar con una solución diluida de vinagre común y cubrirlos con un vendaje estéril.
Ingestión:		En caso de ingestión, tomar inmediatamente abundante agua para diluirla en el interior del organismo, y si es posible, ingerir además una solución diluida de vinagre común para una mejor y más rápida reacción. <b>IMPORTANTE:</b> No inducir al vomito.
Inhalación:		Si se ha producido la inhalación, trasladar a la persona de inmediato al exterior, donde pueda respirar aire puro o suministrar oxígeno si fuera necesario. En casos más graves como asfixia, solicitar inmediatamente el traslado a un centro asistencial.

### V. Medidas contra incendio.

Identificación de riesgos:	
Riesgo Específico:	No posee riesgo de incendio / explosión.
Riesgo General:	Evitar inhalar el polvo.
Producto combustión:	Ninguno.

SALUD
4 - Mortal
3 - Peligro Extremo
2 - Peligro Moderado
1 - Poco Peligroso
0 - Material Normal

PELIGRO ESPECIFICO
Oxidante - OXY
Ácido - ACID
Alcalino - ALK
Corrosivo - COR
No use Agua - W
Radiación - 



PELIGRO INCENDIO
4 - Menor a 22,8 °C
3 - Menor a 37,8 °C
2 - Menor a 93,3 °C
1 - Mayor a 93,3 °C
0 - No combustible

REACTIVIDAD
4 - Altamente Explosivo
3 - Explosivo Moderado
2 - Cambio químico Violento
1 - Inestable a altas Temp.
0 - Estable

### VI. Medidas en caso de derrames accidentales.

Personales:	Mantener a las personas alejadas del lugar. Evitar el contacto con piel, ojos e inhalación en forma prolongada en caso de tomar contacto directo proceder según medidas de primeros auxilios (Sección IV).
Medio ambiente:	Evitar que el derrame tome contacto con algún cauce de agua. De suceder dar aviso a la autoridad sanitaria.
Método de limpieza:	En sectores cerrados, ventilar y recuperar el producto manual o mecánicamente (Pallas / Aspiración). Para la eliminación de sobrantes, incorporar agua en forma abundante hasta completar la hidratación del Oxido de Calcio, transformándose en inerte, pudiéndose incorporar al suelo. Con la incorporación del anhídrido carbónico del ambiente se convertirá en carbonato de calcio..

### VII. Manipulación y Almacenamiento.




CEFAS S.A.

Hoja de Datos de Seguridad  
Cal Viva Industrial

Página 3 de 5

<b>Presentación:</b>	El producto podrá ser embolsado en bolsas de polietileno resistentes a la humedad de primer uso, y/o Bolsones de polipropileno con tratamiento por rayos UV.
<b>Manipulación:</b>	Utilizar los Elementos de protección personal estipulados en sección VIII. En caso de estibado, las bolsas deben colocarse en forma "trabada", en pilas que no superen la cantidad de quince (12) bolsas. Importante: para evitar la rotura de las bolsas, se recomienda NO superponer los pallets. Los bolsones deberán ser manipulados por maquinarias aptas para su peso.
<b>Almacenamiento:</b>	Material altamente higroscópico, almacenar en áreas secas y libres de humedad. Mantener protegido de la intemperie por peligro de lluvias. Las Bolsas y los Bolsones deberán ser almacenados en depósitos o lugar fresco, ventilado y protegido de la
<b>Temperatura:</b>	Ambiente.

### VIII. Controles de exposición / protección personal.

<b>Parametros de Control</b>	Limite permisible ponderado: 1,6 mg / m <sup>3</sup> (DS 594 del 15/09/99). Limite permisible absoluto: No tiene.	
<b>Protección respiratoria</b>	Utilizar mascarilla con filtro de partículas de alta eficiencia.	
<b>Protección de las manos</b>	Guantes de nitrilo impregnado o PVC.	
<b>Protección Ocular</b>	Utilizar, lentes de protección a los efectos de evitar un contacto involuntario.	
<b>Protección de la piel y el cuerpo</b>	Utilizar ropa holgada que no deje piel al descubierto, botas de goma de caña larga, antiparras con ventilación indirecta y respirador con filtro de polvo.	

### IX. Propiedades Físicas y Químicas.

<b>Estado Físico</b>	Sólido	<b>Color</b>	Blanco a grisáceo
<b>Forma</b>	Terrones de granulometría variada	<b>Olor:</b>	Inodoro
<b>Temperatura de descomposición</b>	No aplica	<b>Punto de Inflamación</b>	No Inflamable
<b>Temperatura de auto ignición</b>	No aplica	<b>Propiedades de explosión</b>	En contacto directo inmediato y sin control con líquidos (Agua y Ácidos)
<b>Punto de ebullición:</b>	No aplica		
<b>Punto congelamiento:</b>	No aplica	<b>pH (25°C):</b>	12,45
<b>Presión de vapor:</b>	No aplica	<b>Densidad (Kg/m<sup>3</sup>):</b>	800 - 1.150
<b>Solubilidad en agua:</b>	0,14g / 100g a 0°C	<b>Estado físico a 20°C:</b>	Sólido
<b>Incompatibilidades:</b>	Con ácidos fuertes	<b>Inflamabilidad:</b>	No combustible

### X. Estabilidad y reactividad.

<b>Estabilidad:</b>	Volumétricamente inestable. Material Anhidro, absorbe humedad y aumenta su volumen hasta 2,5 veces.
<b>Evitar contacto:</b>	Reacciona violentamente en contacto con ácidos fuertes, generando calor y eventual explosión si se encuentra confinado.

CEFAS S.A.

Hoja de Datos de Seguridad  
Cal Viva Industrial

Página 4 de 5

Descomposición:	No se descompone.
-----------------	-------------------

### XI. información Toxicológica.

Toxicidad aguda	Los efectos mas nocivos son provocados por su alcalinidad. Las exposiciones a corto plazo conllevan irritación en ojos, vías respiratorias y piel. El contacto directo puede provocar quemaduras intensas. Bronquitis y neumonías solo se registran en casos muy especiales, debido a que la irritación limita la exposición.
Toxicidad crónica o a largo plazo	Exposiciones al Oxido de Calcio, de a largo plazo o reiteradas, pueden causar: Dermatitis, ulcera y perforaciones del tabique nasal, opacidades en corneas por quemaduras no tratadas oportunamente.
Efectos locales	La exposición directa representa un resultado cierto de diversos tipos de dermatitis, acompañadas por descamación de la piel y erupción vesicular.
Sensibilidad alérgica	La dermatitis generada por exposición al Oxido de Calcio generalmente desaparece al cesar la exposición. En algunos casos la dermatitis recurrente ha ocasionado incapacidad permanente a la exposición.

### XII. Información ecológica.

Movilidad	No aplica
Degradabilidad	El Oxido de Calcio se degrada naturalmente, absorbiendo humedad ambiente y anhídrido carbonico, transformandose en carbonato de calcio (piedra caliza)
Bio-acumulación	El margen tolerado por es de CL50 = 160 mg / lts. en 96 horas, la sustancia no es tóxica, por un valor LC50 > 100 mg / lts.
Efectos ambientales	Dada su biodegradabilidad, el óxido de calcio no presenta efectos ambientales nocivos.

### XIII. Consideraciones sobre eliminación de desechos.

Eliminación de residuos	Mediante su neutralización y/o degradación.
Eliminación de envases o embalajes.	Según corresponda podrán reutilizarse o eliminarse en rellenos sanitarios. Los envases podrán reutilizarse previo lavado con abundante agua y neutralización. Los envases de polipropileno pueden incinerarse.

### XIV. información sobre transporte.

Clasificación Nacional / Internacional:	Producto no clasificado como peligroso para el transporte.
Normas: ADR (Rutas)	Producto no clasificado como peligroso para el transporte.
Normas: RID (Ferrocarril)	Producto no clasificado como peligroso para el transporte.
Normas: IMDG/GGVSea (Marítimo).	Producto no clasificado como peligroso para el transporte.
Normas: IATA-DGR (Aéreo).	Producto no clasificado como peligroso para el transporte.

### XV. información reglamentaria.

R37	Irritante de las vías respiratorias.	S25	Evitar el contacto directo con los ojos.
R38	Irritante en contacto con la piel.	S26	En caso de contacto con los ojos, lavar en forma inmediatamente con agua abundante.

CEFAS S.A.

Hoja de Datos de Seguridad  
Cal Viva Industrial

Página 5 de 5

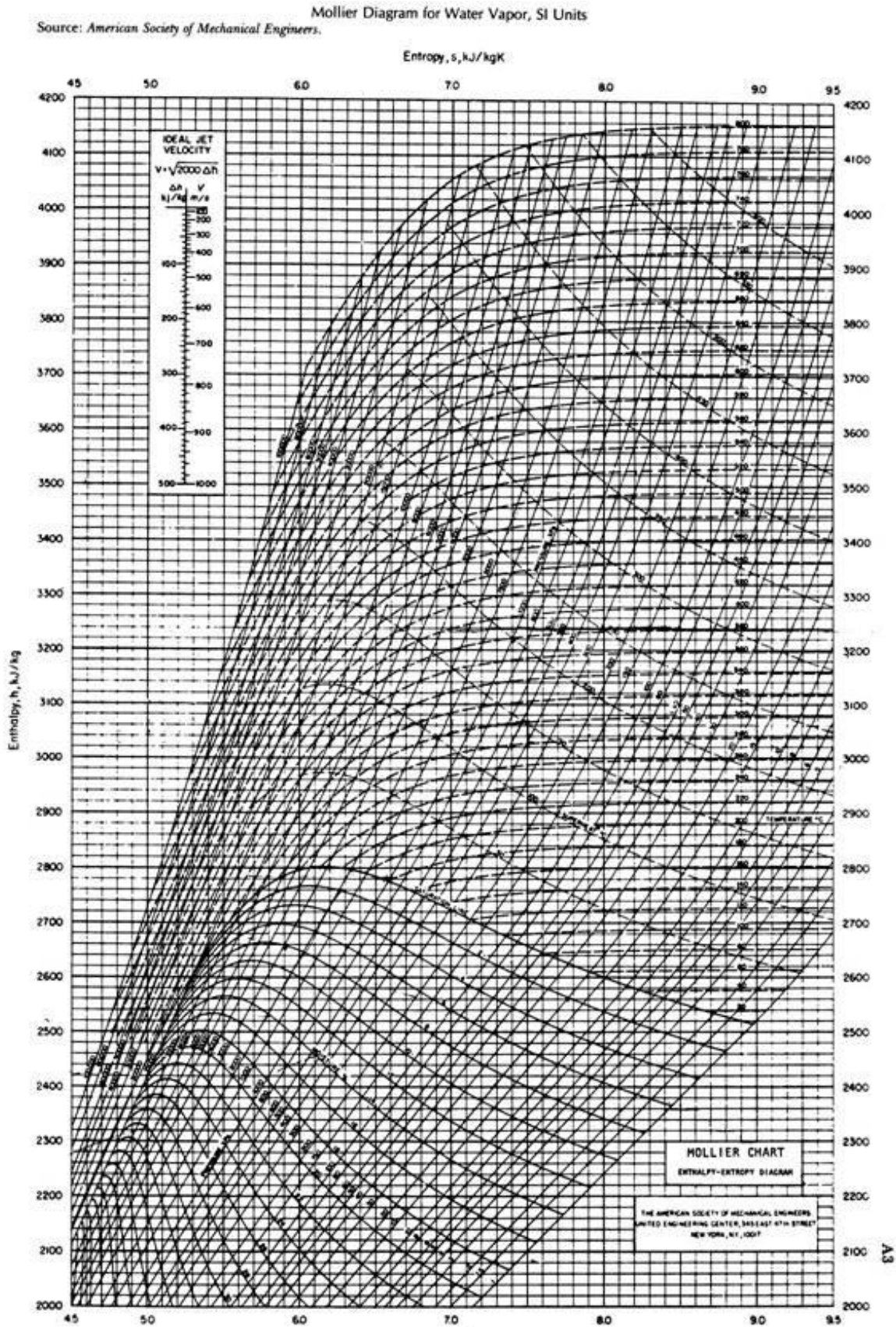
R41	Riesgo de lesiones oculares graves.	S37	Utilizar guantes y elem. de protección adecuados.
S2	Manténgase fuera del alcance de los niños.	S39	Utilizar los elementos de protección personal en ojos y rostro.

#### XVI. Información adicional.

Esta ficha de datos de seguridad complementa las instrucciones de uso técnico, sin sustituirlos. La información contenida en los mismos se basa en el estado de nuestro conocimiento sobre el producto, en la fecha mencionada. Esta información se brinda de buena fe y no exime al usuario de conocer y aplicar todos los conocimientos aplicables a su actividad. Será su exclusiva responsabilidad tomar todas las precauciones necesarias al usar el producto. CEFAS S.A. no se responsabiliza por daños y perjuicios que pudieran producirse a personas y/o cosas, como consecuencia y/o en conexión con el uso y manipulación de sus productos.



# Anexo 06: Diagrama de Mollier – Agua





# Anexo 07: Costo de la Energía Eléctrica en Perú

05 AGOSTO 2014

## SNMPE: El Perú tiene la cuarta tarifa eléctrica más baja de América Latina para la industria

El costo de la energía para **la industria en el Perú** es de 7.4 centavos de dólar por kilovatio/hora (KWh), detalló la entidad.

Ese valor pone al país detrás de Venezuela, Argentina y Paraguay, que con 0.5, 2 y 4.1 centavos de dólar por KWh, respectivamente, poseen las **tarifas eléctricas** más baratas para la industria en la región. Los dos primeros países, como se sabe, subsidian sus tarifas de energía.

En el caso de Paraguay, en tanto, el menor costo de energía eléctrica se fundamenta en que su generación eléctrica es esencialmente hidráulica, además, exporta electricidad a Brasil y Argentina, explicó **la SNMPE**.


La entidad, además, refirió que el 53.3% de la energía eléctrica que se consume en el Perú proviene de centrales hidroeléctricas y un 42.9% de las centrales térmicas a gas natural (el combustible fósil más limpio), en su mayoría de ciclo combinado.

La SNMPE también afirmó que a la fecha el país sólo ha usado el 5% del potencial técnicamente aprovechable de los recursos hidroeléctricos (69,445 megavatios), por lo que aún tiene amplios recursos por aprovechar.

TABLA 1. Costo de generación y sus componentes para diferentes tecnologías (centavos de dólar/kWh)

TECNOLOGÍA	CAPACIDAD (MW)	COSTO DE GENERACIÓN (cent / kWh)	COSTOS FIJOS Oym (cent / kWh)	COSTOS VARIABLES Oym (cent / kWh)	COSTOS COMBUSTIBLE (cent / kWh)	COSTO DE INVERSIÓN EQUIVALENTE (cent / kWh)	% INVERSIÓN / GENERACIÓN
Hidroeléctrica	300	4.25	0.40	0.35	0.00	3.50	82.35%
Gas natural, ciclo combinado	300	5.57	0.10	0.40	4.12	0.95	17.06%
Carbón, turbina vapor	300	4.47	0.38	0.36	1.97	1.76	39.37%
Combustóleo, turbina vapor	300	7.24	0.35	0.30	5.32	1.27	17.54%
Eólica	10	6.77	0.66	0.26	0.00	5.85	86.41%

Fuente: Adaptado de ESMAP World Bank, 2007



# Anexo 08: Costo de Central de Generación Eléctrica

3.3.1.- CENTRALES TURBO GAS CICLO ABIERTO DIESEL/G.N.

Este tipo de centrales se caracteriza por tener una turbina especialmente diseñada para transformar la combustión de un gas a alta presión en el movimiento de un eje solidario al rotor del generador, con la consiguiente generación de energía eléctrica. Un dibujo simplificado de los elementos que participan en el proceso que se lleva a cabo en este tipo de central se presenta en la figura 6.

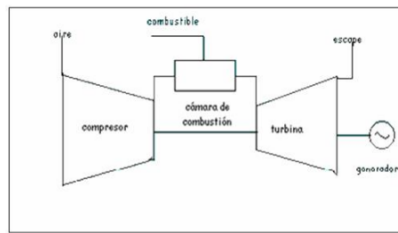


Figura 6: Turbina Ciclo abierto

Como se puede observar el compresor toma aire de la atmósfera, lo comprime y lo deposita en la cámara de combustión, donde al mismo tiempo se inyecta combustible y se provoca la combustión. Esta combustión provoca la rápida expansión de los gases, lo que hace mover la turbina y a través de ésta el eje del generador. Luego de este proceso el aire es devuelto a la atmósfera, por esta razón es llamada de "ciclo abierto".

El combustible que se utiliza para hacer la mezcla en la cámara de combustión es principalmente gas natural, pero en general se presenta la flexibilidad de utilizar diesel como sustituto. Al final, aproximadamente sólo un 34% de la energía térmica es transformada en energía eléctrica.

Se han diferenciado dos mercados dentro de las turbinas de gas, basándose en las potencias:

- a) Turbinas de gas industriales de baja potencia (con una potencia inferior a 10-13 MW)
- b) Turbinas de gas industriales de alta potencia (con una potencia superior a los 10-13 MW).

El costo de inversión en este tipo de centrales es bajo, con un costo unitario aproximado de 450 US\$/kW en una central de 240 MW de potencia.

3.3.2.- CENTRAL TÉRMICA VAPOR CARBÓN Y/O GAS NATURAL

Este tipo de centrales corresponde a las que obtienen la energía mecánica necesaria para mover el rotor del generador a partir del vapor formado al hervir el agua en una caldera. El agua es tomada por una bomba y depositada en la caldera a una alta presión. En este lugar el agua hierve debido al aumento de temperatura que provoca la quema del combustible. Luego, este vapor a alta presión se hace llegar a la turbina donde su expansión provoca el movimiento de ésta última. El vapor que ha sido utilizado se transforma en agua al pasar por un condensador y es tomado por la bomba para empezar nuevamente el ciclo. Un dibujo simplificado del proceso que se lleva a cabo en este tipo de centrales se puede ver en la figura 7.

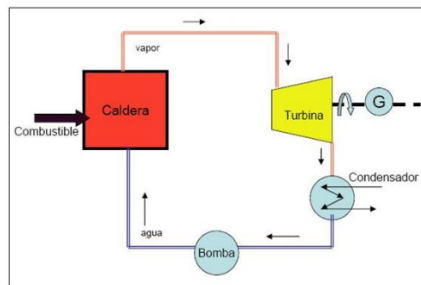


Figura 7: Central térmica a vapor

El costo de inversión en este tipo de centrales es alto, con un costo unitario aproximado de 1100 US\$/kW en una central de 300 MW de potencia.

Home > 100 preguntas sobre energía > ¿Cuánto cuesta una Central Térmica de Ciclo Combinado?


### Cuestión 26: ¿Cuánto cuesta una Central Térmica de Ciclo Combinado?

Una Central Térmica de Ciclo Combinado cuesta entre 500.000€ y 600.000€ por Mwh dependiendo de algunos factores. Este artículo repasa esos factores y el desglose de esta cantidad.

Por Santiago García Garrido   
[www.santiagogarciagarrido.com](http://www.santiagogarciagarrido.com)

Por favor, respeta los derechos del autor. No puedes copiar, reproducir o difundir los textos o gráficos de esta página sin contar con el permiso expreso y por escrito del titular de los derechos de autor del contenido de este sitio web. Por favor, dirígete a [info@renovetec.com](mailto:info@renovetec.com) para solicitar el permiso para utilizar estos textos y, en caso de concederse, las condiciones bajo las que se permite su uso.





# Anexo 09: Cobertura del Techo Estructural

 **INSTAPANEL**

**PV-6<sup>®</sup>**



**CUBIERTAS Y REVESTIMIENTOS**

- Panel estructural, constituido por seis trapeos rigidizantes que garantizan estanqueidad y condiciones de resistencia.
- Permite combinación entre sí con paneles perforados y traslucidos de igual geometría.
- Se fabrica en acero zincaluz según norma ASTM A-792-99 AZ 50, calidad estructural Gr 37 o acero prepintado al horno por una o ambas caras.
- El largo máximo del panel está limitado por la condición de transporte y manipulación (Min. 1,5m – Máx. 15m), largos superiores sujetos a consulta.

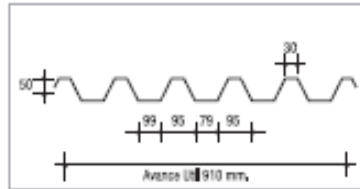
BOGOTÁ, COLOMBIA 2010

 **TUPEMESA**  
Soluciones en Acero

# PV-6®

## Cubiertas y Revestimientos

### Características Técnicas



Terminación	Zinc/Alm	Espesores (mm)	0,4	Adaptabilidad	— Recto	Usos	Cubiertas	Pendiente Mínima	5%
	Pregiñado		0,5		— Curvo		Revestimientos		
	Plastial		0,6		— Contracurvo		Horizontal		
	PVDF		0,8		— Perforado (*)		Vertical		
					— Treadicido				

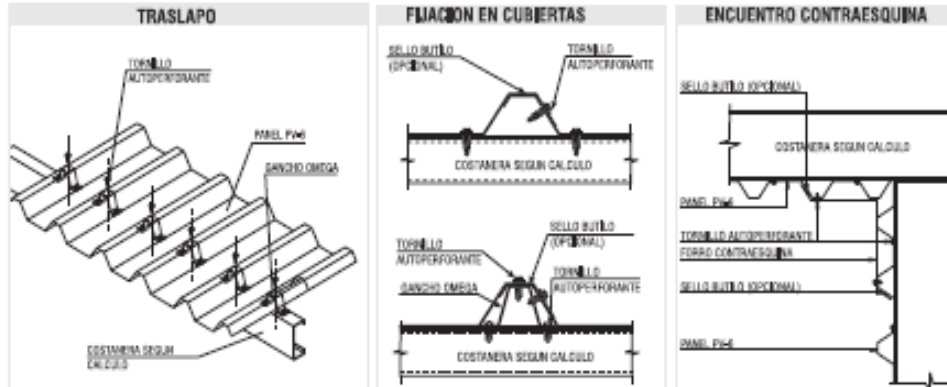
Notas:  
Terminaciones de pintas, consultar a catálogo de colores Integrand.  
(\*) Sólo disponibles en espesor de acero 0,5mm.

### Tabla de Cargas

Condición de apoyo	Espesor mm	Tipo de carga	CARGAS ADMISIBLES (Kg/m <sup>2</sup> )										
			Distancias entre costaneras (m)										
			1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50
[Diagram: Single support]	0,4	Sobrecarga	490	313	216	158	120	94	75	60	45	35	-
		Succión viento	490	315	220	163	125	89	66	50	40	32	-
	0,5	Sobrecarga	793	506	350	256	195	151	109	80	61	47	37
		Succión viento	699	449	313	231	172	122	90	69	54	44	36
	0,6	Sobrecarga	1053	672	465	340	259	193	139	103	78	60	47
		Succión viento	927	595	415	307	224	159	117	90	70	57	46
[Diagram: Two supports]	0,4	Sobrecarga	1561	996	689	504	384	270	195	144	109	84	66
		Succión viento	1434	920	642	473	333	237	175	130	104	84	69
	0,5	Sobrecarga	482	307	212	155	118	92	74	61	50	42	36
		Succión viento	498	320	223	165	127	101	83	69	59	51	44
	0,6	Sobrecarga	689	439	303	223	169	132	104	87	72	61	52
		Succión viento	803	516	360	265	204	152	133	110	94	80	70
[Diagram: Three supports]	0,4	Sobrecarga	915	583	403	295	224	174	141	116	94	81	69
		Succión viento	1065	683	476	352	271	215	175	144	124	106	92
	0,5	Sobrecarga	1418	904	626	458	348	274	220	181	150	127	108
		Succión viento	1577	1012	705	520	400	318	259	215	182	157	136
	0,6	Sobrecarga	604	385	266	195	148	114	93	77	64	54	46
		Succión viento	622	399	278	205	158	126	103	85	71	57	46
[Diagram: Four supports]	0,4	Sobrecarga	862	550	381	278	212	166	134	110	92	77	66
		Succión viento	1003	643	448	331	254	202	164	126	98	78	64
	0,5	Sobrecarga	1148	731	506	370	282	221	178	146	122	103	88
		Succión viento	1329	853	594	438	337	267	216	164	128	102	85
	0,6	Sobrecarga	1774	1133	784	574	438	344	277	228	190	161	131
		Succión viento	1949	1263	880	648	498	395	322	244	190	151	123

- Las sobrecargas admitidas corresponden a las mínimas obtenidas por flectión y difusión, considerando carga uniformemente distribuida en cada tramo.
- No se consideró carga puntal, por lo cual deberá colocarse balizas para regular estas cargas.
- No consideró una deformación máxima admisible por sobrecarga de L/200.
- La capacidad por succión de viento puede ser incrementada en un 33%. Deberá verificarse la resistencia de los conectores.
- Tensión de fluencia del acero  $F_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ .

### Esquemas de Instalación



Notas:  
El tipo de fijación dependerá de la costanera que se utilice. Para otros detalles de instalación consultar al departamento de Especificación.  
Para obtener más información de este producto solicite Manual Técnico.  
Nuestros productos están en constante proceso de innovación y desarrollo, por lo que pueden estar sujetos a modificaciones.

Panamericana Sur Km 21.50 Vía El Salvador, Lima 42, Perú - Fax: (51-1) 637-0000 Fax: (51-1) 638-3663  
Línea gratis al 0800-00-557 o Correo a: ventas@tupemesa.com.pe

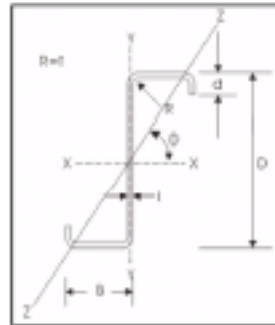


# Anexo 10: Perfil Z – Aceros Comerciales



aceros comerciales

El mundo del acero a tu alcance!

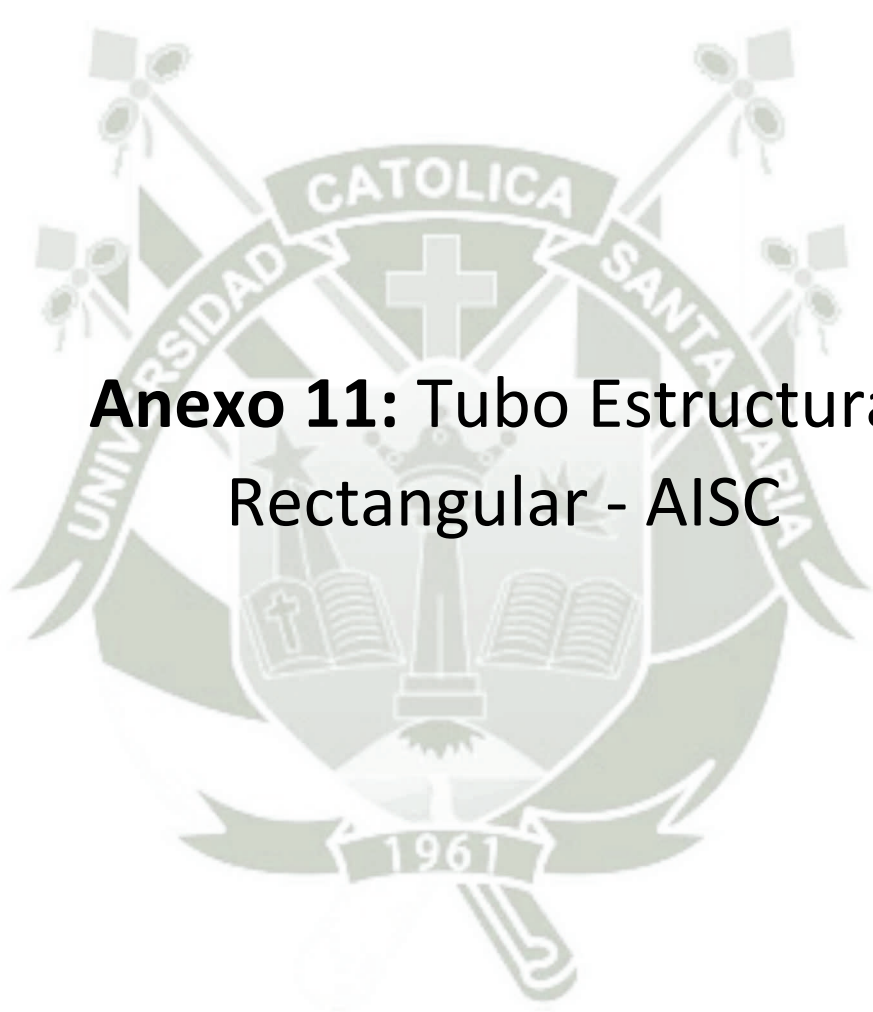


DIMENSIONES Y PROPIEDADES PARA EL DISEÑO

DESIGNACION	D	B	d	t	Peso	Area (A)	Eje X-X			Eje Y-Y			x	ec
							I	S	r	I	S	r		
							cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm		
J 7" X 3"	177.8	76.2	19.0	4.5	11.96	15.24	732.9	82.44	6.94	174.6	23.62	3.39	208.7	22
	177.8	76.2	19.0	3.0	8.33	10.48	818.4	88.00	7.03	128.80	17.30	3.81	183.8	22.8
	177.8	76.2	19.0	2.5	6.90	8.79	438.2	49.29	7.06	110.55	14.75	3.55	165.3	22.6
	177.8	76.2	19.0	2.0	5.57	7.30	356.9	40.16	7.09	91.27	12.14	3.59	135.6	22.8
S 7" X 2"	177.8	50.8	19.0	4.5	10.17	12.92	561.2	63.13	6.58	56.53	11.64	2.09	127.6	13.4
	177.8	50.8	19.0	3.0	7.04	8.93	400	44.99	6.69	43.19	8.76	2.20	94.51	14
	177.8	50.8	19.0	2.5	5.91	7.52	340.6	38.32	6.73	37.61	7.59	2.24	81.46	14.1
	177.8	50.8	19.0	2.0	4.78	6.08	278.4	31.32	6.76	31.42	6.31	2.27	67.37	14.3
S 6" X 3"	152.4	76.2	19.0	4.5	11.06	14.09	510.6	67.00	6.02	174.61	23.61	3.52	228.0	26.8
	152.4	76.2	19.0	3.0	7.61	9.69	361.4	47.42	6.11	128.50	17.20	3.64	164.4	27.3
	152.4	76.2	19.0	2.5	6.40	8.16	307.1	40.30	6.13	110.54	14.75	3.68	140.5	27.5
	152.4	76.2	19.0	2.0	5.18	6.59	250.4	32.87	6.16	91.27	12.14	3.72	115.3	27.7
S 6" X 2"	152.4	50.8	19.0	4.5	9.27	11.81	385.5	50.59	5.71	56.51	11.64	2.19	108.04	16.6
	152.4	50.8	19.0	3.0	6.41	8.17	276.3	36.26	5.82	43.19	8.76	2.30	80.13	17.3
	152.4	50.8	19.0	2.5	5.41	6.89	235.7	30.93	5.85	37.61	7.59	2.34	69.10	17.5
	152.4	50.8	19.0	2.0	4.38	5.58	193.0	25.33	5.88	31.42	6.31	2.37	57.18	17.6
X 5" X 2"	127.0	50.8	19.0	4.5	8.37	10.67	247.9	39.04	4.82	56.49	11.64	2.30	88.46	21.4
	127.0	50.8	19.0	3.0	5.81	7.41	179.0	28.18	4.92	43.18	8.76	2.41	65.76	22
	127.0	50.8	19.0	2.5	4.91	6.25	153.0	24.1	4.95	37.60	7.59	2.45	56.75	22.3
	127.0	50.8	19.0	2.0	3.98	5.07	125.6	19.77	4.98	31.41	6.31	2.49	46.99	22.5
S 4" X 2"	101.6	50.8	19.0	4.5	7.48	9.52	144.7	28.49	3.90	56.47	11.63	2.44	68.88	28.7
	101.6	50.8	19.0	3.0	5.22	6.64	105.5	20.77	3.98	43.18	8.76	2.55	51.39	29.4
	101.6	50.8	19.0	2.5	4.41	5.62	90.3	17.81	4.01	37.60	7.59	2.59	44.39	29.6
	101.6	50.8	19.0	2.0	3.58	4.56	74.5	14.66	4.04	31.41	6.31	2.62	36.79	29.8
S 3" X 2"	76.2	50.8	19.0	4.5	6.58	8.38	72.3	18.97	2.94	56.45	11.63	2.60	49.30	40.4
	76.2	50.8	19.0	3.0	4.62	5.88	53.5	14.04	3.02	43.17	8.76	2.71	37.00	41
	76.2	50.8	19.0	2.5	3.91	4.98	46.1	12.10	3.04	37.60	7.59	2.75	32.03	41.2
	76.2	50.8	19.0	2.0	3.18	4.05	38.3	10.01	3.07	31.41	6.31	2.78	26.60	41.4
S 3" X 1 1/2"	76.2	38.1	19.0	3.0	3.88	4.94	42.5	11.16	2.93	17.93	4.90	1.91	20.97	29.8
	76.2	38.1	19.0	2.5	3.30	4.20	36.8	9.67	2.96	15.84	4.30	1.94	18.34	30.1
	76.2	38.1	19.0	2.0	2.69	3.42	30.6	8.04	2.99	13.42	3.62	1.98	15.38	30.4

Longitud Comercial: 6 mts

- Otros largos consultar con su Representante de Ventas



# Anexo 11: Tubo Estructural Rectangular - AISC

STRUCTURAL TUBING  
Rectangular  
Dimensions and properties



Dimensions			Properties**										
Nominal* Size	Wall Thickness		Weight per ft	Area	X-X Axis				Y-Y Axis				J
	in.	in.			I	S	Z	r	I	S	Z	r	
in.	in.	lb	in. <sup>2</sup>	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>4</sup>	
x2	0.2500	1/4	22.42	6.59	92.2	15.4	21.4	3.74	4.62	4.62	5.38	0.837	15.9
	0.1875	3/16	17.08	5.02	72.0	12.0	16.6	3.79	3.76	3.76	4.24	0.865	12.8
x8	0.5000	1/2	55.66	16.4	226	45.2	55.1	3.72	160	39.9	47.2	3.12	306
	0.3750	3/8	42.79	12.6	180	35.9	43.1	3.78	127	31.8	37.0	3.18	239
	0.3125	5/16	36.10	10.6	154	30.8	36.7	3.81	109	27.3	31.5	3.21	203
	0.2500	1/4	29.23	8.59	127	25.4	30.0	3.84	90.2	22.5	25.8	3.24	166
	0.1875	3/16	22.18	6.52	97.9	19.6	23.0	3.87	69.7	17.4	19.7	3.27	127
x6	0.5000	1/2	48.85	14.4	181	36.2	45.6	3.55	80.8	26.9	31.9	2.37	187
	0.3750	3/8	37.69	11.1	145	29.0	35.9	3.62	65.4	21.8	25.2	2.43	147
	0.3125	5/16	31.84	9.36	125	25.0	30.7	3.65	56.5	18.8	21.5	2.46	126
	0.2500	1/4	25.82	7.59	103	20.6	25.1	3.69	46.9	15.6	17.7	2.49	103
	0.1875	3/16	19.63	5.77	79.8	16.0	19.3	3.72	36.5	12.2	13.6	2.51	79.1
x5	0.3750	3/8	35.13	10.3	128	25.5	32.3	3.51	42.9	17.1	19.9	2.04	107
	0.3125	5/16	29.72	8.73	110	22.0	27.6	3.55	37.2	14.9	17.0	2.07	91.5
	0.2500	1/4	24.12	7.09	91.2	18.2	22.7	3.59	31.1	12.4	14.0	2.09	75.2
	0.1875	3/16	18.35	5.39	70.8	14.2	17.4	3.62	24.3	9.71	10.8	2.12	58.0
x4	0.5000	1/2	42.05	12.4	136	27.1	36.1	3.31	30.8	15.4	18.5	1.58	86.9
	0.3750	3/8	32.58	9.58	110	22.0	28.7	3.39	25.5	12.8	14.9	1.63	70.4
	0.3125	5/16	27.59	8.11	95.5	19.1	24.6	3.43	22.4	11.2	12.8	1.66	60.8
	0.2500	1/4	22.42	6.59	79.3	15.9	20.2	3.47	18.8	9.39	10.6	1.69	50.4
	0.1875	3/16	17.08	5.02	61.7	12.3	15.6	3.51	14.8	7.39	8.20	1.72	39.1
x3	0.3750	3/8	30.0	8.83	92.8	18.6	25.1	3.24	13.0	8.66	10.3	1.21	39.8
	0.3125	5/16	25.5	7.48	80.8	16.2	21.6	3.29	11.5	7.68	8.92	1.24	34.9
	0.2500	1/4	20.72	6.09	67.4	13.5	17.8	3.33	9.79	6.53	7.42	1.27	29.3
	0.1875	3/16	15.80	4.64	52.7	10.5	13.8	3.37	7.80	5.20	5.79	1.30	23.0
x2	0.3750	3/8	27.48	8.08	75.4	15.1	21.5	3.06	4.85	4.85	6.05	0.775	16.5
	0.3125	5/16	23.34	6.86	66.1	13.2	18.5	3.10	4.42	4.42	5.33	0.802	14.9
	0.2500	1/4	19.02	5.59	55.5	11.1	15.4	3.15	3.85	3.85	4.50	0.830	12.8
	0.1875	3/16	14.53	4.27	43.7	8.74	11.9	3.20	3.14	3.14	3.56	0.858	10.3

\*Outside dimensions across flat sides.  
\*\*Properties are based upon a nominal outside corner radius equal to two times the wall thickness.

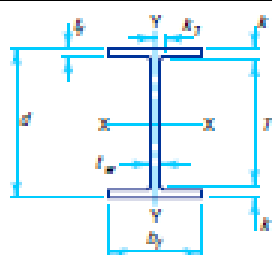
STRUCTURAL TUBING Rectangular Dimensions and properties													
Dimensions				Properties**									
Nominal* Size in.	Wall Thickness in.		Weight per ft lb	Area in. <sup>2</sup>	X-X Axis				Y-Y Axis				J in. <sup>4</sup>
					I in. <sup>4</sup>	S in. <sup>3</sup>	Z in. <sup>3</sup>	r in.	I in. <sup>4</sup>	S in. <sup>3</sup>	Z in. <sup>3</sup>	r in.	
12x2	0.2500	3/4	22.42	6.59	92.2	15.4	21.4	3.74	4.62	4.62	5.38	0.837	15.9
	0.1875	3/16	17.08	5.02	72.0	12.0	16.6	3.79	3.76	3.76	4.24	0.865	12.8
10x8	0.5000	1/2	55.66	16.4	226	45.2	55.1	3.72	160	39.9	47.2	3.12	306
	0.3750	3/8	42.79	12.6	180	35.9	43.1	3.78	127	31.8	37.0	3.18	239
	0.3125	5/16	36.10	10.6	154	30.8	36.7	3.81	109	27.3	31.5	3.21	203
	0.2500	1/4	29.23	8.59	127	25.4	30.0	3.84	90.2	22.5	25.8	3.24	166
10x6	0.1875	3/16	22.18	6.52	97.9	19.6	23.0	3.87	69.7	17.4	19.7	3.27	127
	0.5000	1/2	48.85	14.4	181	36.2	45.6	3.55	80.8	26.9	31.9	2.37	187
	0.3750	3/8	37.69	11.1	145	29.0	35.9	3.62	65.4	21.8	25.2	2.43	147
	0.3125	5/16	31.84	9.36	125	25.0	30.7	3.65	56.5	18.8	21.5	2.46	126
10x5	0.2500	1/4	25.82	7.59	103	20.6	25.1	3.69	46.9	15.6	17.7	2.49	103
	0.1875	3/16	19.63	5.77	79.8	16.0	19.3	3.72	36.5	12.2	13.6	2.51	79.1
	0.3750	3/8	35.13	10.3	128	25.5	32.3	3.51	42.9	17.1	19.9	2.04	107
	0.3125	5/16	29.72	8.73	110	22.0	27.6	3.55	37.2	14.9	17.0	2.07	91.5
10x4	0.2500	1/4	24.12	7.09	91.2	18.2	22.7	3.59	31.1	12.4	14.0	2.09	75.2
	0.1875	3/16	18.35	5.39	70.8	14.2	17.4	3.62	24.3	9.71	10.8	2.12	58.0
	0.5000	1/2	42.05	12.4	136	27.1	36.1	3.31	30.8	15.4	18.5	1.58	86.9
	0.3750	3/8	32.58	9.58	110	22.0	28.7	3.39	25.5	12.8	14.9	1.63	70.4
10x3	0.3125	5/16	27.59	8.11	95.5	19.1	24.6	3.43	22.4	11.2	12.8	1.66	60.8
	0.2500	1/4	22.42	6.59	79.3	15.9	20.2	3.47	18.8	9.39	10.6	1.69	50.4
	0.1875	3/16	17.08	5.02	61.7	12.3	15.6	3.51	14.8	7.39	8.20	1.72	39.1
	0.3750	3/8	30.0	8.83	92.8	18.6	25.1	3.24	13.0	8.66	10.3	1.21	39.8
10x2	0.3125	5/16	25.5	7.48	80.8	16.2	21.6	3.29	11.5	7.68	8.92	1.24	34.9
	0.2500	1/4	20.72	6.09	67.4	13.5	17.8	3.33	9.79	6.53	7.42	1.27	29.3
	0.1875	3/16	15.80	4.64	52.7	10.5	13.8	3.37	7.80	5.20	5.79	1.30	23.0
	0.3750	3/8	27.48	8.08	75.4	15.1	21.5	3.06	4.85	4.85	6.05	0.775	16.5
10x2	0.3125	5/16	23.34	6.86	66.1	13.2	18.5	3.10	4.42	4.42	5.33	0.802	14.9
	0.2500	1/4	19.02	5.59	55.5	11.1	15.4	3.15	3.85	3.85	4.50	0.830	12.8
	0.1875	3/16	14.53	4.27	43.7	8.74	11.9	3.20	3.14	3.14	3.56	0.858	10.3

\*Outside dimensions across flat sides.

\*\*Properties are based upon a nominal outside corner radius equal to two times the wall thickness.



## Anexo 12: Columna W - AISC

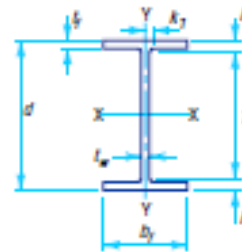


W SHAPES  
Dimensions

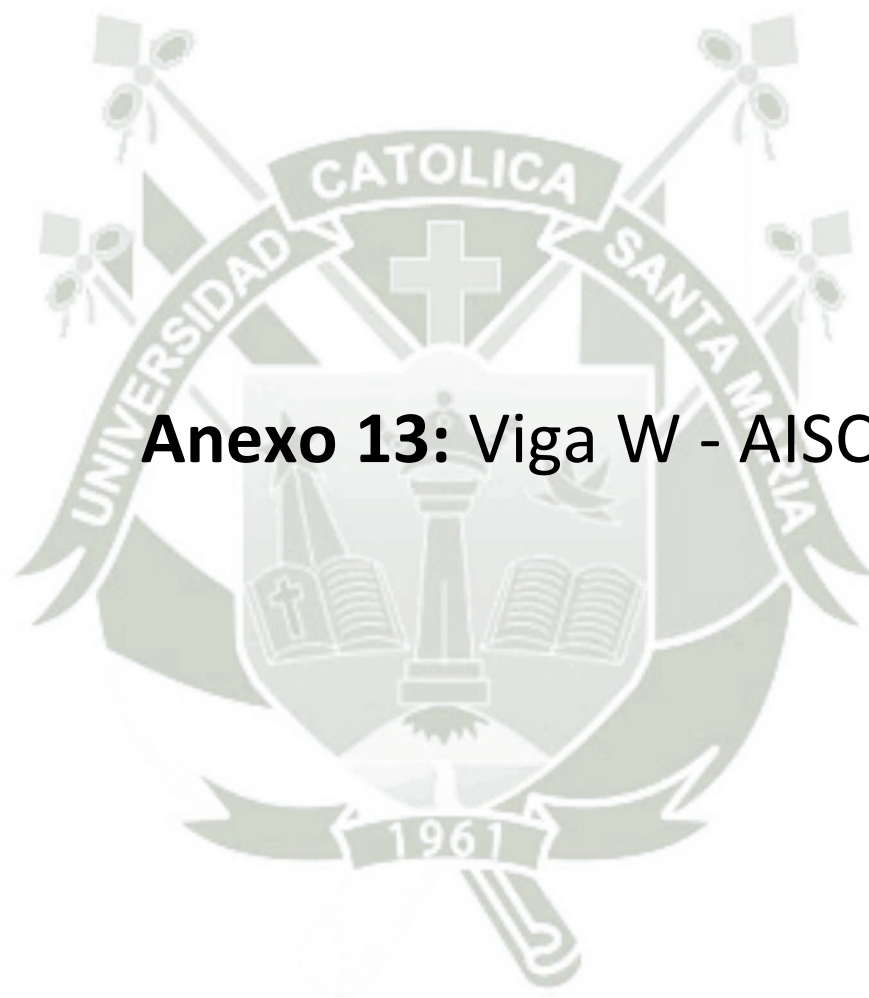
Designation	Area <i>A</i> in. <sup>2</sup>	Depth <i>d</i> in.		Web			Flange			Distance			
				Thickness <i>t<sub>w</sub></i> in.	$\frac{t_w}{2}$ in.	Width <i>b<sub>f</sub></i> in.	Thickness <i>t<sub>f</sub></i> in.	<i>T</i> in.	<i>k</i> in.	<i>k<sub>1</sub></i> in.			
W21×201	59.2	23.03	23	0.910	<sup>15</sup> / <sub>16</sub>	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	12.575	12 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1.630	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1
×182	53.6	22.72	22 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.830	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	12.500	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.480	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1
×166	48.8	22.48	22 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.750	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	12.420	12 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.360	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
×147	43.2	22.06	22	0.720	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	12.510	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.150	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
×132	38.8	21.83	21 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.650	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	12.440	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.035	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	1
×122	35.9	21.68	21 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.600	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	12.390	12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.960	<sup>15</sup> / <sub>16</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	1
×111	32.7	21.51	21 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.550	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	12.340	12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.875	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
×101	29.8	21.36	21 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.500	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	12.290	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.800	<sup>15</sup> / <sub>16</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>15</sup> / <sub>16</sub>
W21×93	27.3	21.62	21 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.580	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	8.420	8 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.930	<sup>15</sup> / <sub>16</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	1
×83	24.3	21.43	21 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.515	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	8.355	8 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.835	<sup>15</sup> / <sub>16</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
×73	21.5	21.24	21 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.455	<sup>7</sup> / <sub>16</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	8.295	8 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.740	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
×68	20.0	21.13	21 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.430	<sup>7</sup> / <sub>16</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	8.270	8 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.685	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×62	18.3	20.99	21	0.400	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	8.240	8 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.615	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
W21×57	16.7	21.06	21	0.405	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	6.555	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.650	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×50	14.7	20.83	20 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.380	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	6.530	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.535	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×44	13.0	20.66	20 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.350	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	6.500	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.450	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
W18×311*	91.5	22.32	22 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.520	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	12.005	12	2.740	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×283*	83.2	21.85	21 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1.400	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	11.890	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2.500	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×258*	75.9	21.46	21 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.280	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	11.770	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2.300	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×234*	68.8	21.06	21	1.160	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	11.650	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2.110	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1
×211*	62.1	20.67	20 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1.060	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	11.555	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.910	1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1
×192	56.4	20.35	20 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.960	1	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	11.455	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.750	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>15</sup> / <sub>16</sub>
×175	51.3	20.04	20	0.890	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	11.375	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.590	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×158	46.3	19.72	19 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.810	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	11.300	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.440	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×143	42.1	19.49	19 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.730	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	11.220	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.320	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
×130	38.2	19.25	19 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.670	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	11.160	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.200	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
W18×119	35.1	18.97	19	0.655	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	11.265	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.060	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>15</sup> / <sub>16</sub>
×106	31.1	18.73	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.590	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	11.200	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.940	<sup>15</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>15</sup> / <sub>16</sub>
×97	28.5	18.59	18 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.535	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	11.145	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.870	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×86	25.3	18.39	18 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.480	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	11.090	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.770	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×76	22.3	18.21	18 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.425	<sup>7</sup> / <sub>16</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	11.035	11	0.680	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
W18×71	20.8	18.47	18 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.495	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	7.635	7 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.810	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×65	19.1	18.35	18 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.450	<sup>7</sup> / <sub>16</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	7.590	7 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.750	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
×60	17.6	18.24	18 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.415	<sup>7</sup> / <sub>16</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	7.555	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.695	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
×55	16.2	18.11	18 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.390	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	7.530	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.630	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
×50	14.7	17.99	18	0.355	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	7.495	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.570	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
W18×46	13.5	18.06	18	0.360	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	6.060	6	0.605	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
×40	11.8	17.90	17 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.315	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	6.015	6	0.525	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
×35	10.3	17.70	17 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.300	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	6.000	6	0.425	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>

\*Group 4 or Group 5 shape. See Notes in Table 1-2.

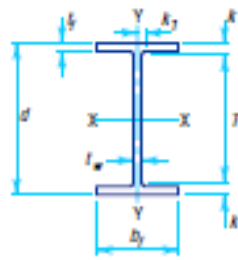
### W SHAPES Properties



Nom- inal Wt. per ft	Compact Section Criteria			$X_1$	$X_2 \times 10^6$	Elastic Properties						Plastic Modulus	
						Axis X-X			Axis Y-Y			$Z_x$	$Z_y$
	$\frac{b_f}{2t_f}$	$\frac{h}{t_w}$	$F_y^m$			$I$	$S$	$r$	$I$	$S$	$r$		
lb		ksi	ksi	$(1/ksi)^2$	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>3</sup>	in. <sup>3</sup>	
201	3.9	20.6	—	4290	453	5310	461	9.47	542	86.1	3.02	530	133
182	4.2	22.6	—	3910	649	4730	417	9.40	483	77.2	3.00	476	119
166	4.6	24.9	—	3590	904	4280	380	9.36	435	70.1	2.98	432	108
147	5.4	26.1	—	3140	1590	3630	329	9.17	376	60.1	2.95	373	92.6
132	6.0	28.9	—	2840	2350	3220	295	9.12	333	53.5	2.93	333	82.3
122	6.5	31.3	—	2630	3160	2960	273	9.09	305	49.2	2.92	307	75.6
111	7.1	34.1	55	2400	4510	2670	249	9.05	274	44.5	2.90	279	68.2
101	7.7	37.5	45	2200	6400	2420	227	9.02	248	40.3	2.89	253	61.7
93	4.5	32.3	61	2680	3460	2070	192	8.70	92.9	22.1	1.84	221	34.7
83	5.0	36.4	48	2400	5250	1830	171	8.67	81.4	19.5	1.83	196	30.5
73	5.6	41.2	38	2140	8380	1600	151	8.64	70.6	17.0	1.81	172	26.6
68	6.0	43.6	34	2000	10900	1480	140	8.60	64.7	15.7	1.80	160	24.4
62	6.7	46.9	29	1820	15900	1330	127	8.54	57.5	13.9	1.77	144	21.7
57	5.0	46.3	30	1960	13100	1170	111	8.36	30.6	9.35	1.35	129	14.8
50	6.1	49.4	26	1730	22600	984	94.5	8.18	24.9	7.64	1.30	110	12.2
44	7.2	53.6	22	1550	36600	843	81.6	8.06	20.7	6.36	1.26	95.4	10.2
311	2.2	10.6	—	8160	38	6960	624	8.72	795	132	2.95	753	207
283	2.4	11.5	—	7520	52	6160	564	8.61	704	118	2.91	676	185
258	2.6	12.5	—	6920	71	5510	514	8.53	628	107	2.88	611	166
234	2.8	13.8	—	6360	97	4900	466	8.44	558	95.8	2.85	549	149
211	3.0	15.1	—	5800	140	4330	419	8.35	493	85.3	2.82	490	132
192	3.3	16.7	—	5320	194	3870	380	8.28	440	76.8	2.79	442	119
175	3.6	18.0	—	4870	274	3450	344	8.20	391	68.8	2.76	398	106
158	3.9	19.8	—	4430	396	3060	310	8.12	347	61.4	2.74	356	94.8
143	4.2	21.9	—	4060	557	2750	282	8.09	311	55.5	2.72	322	85.4
130	4.6	23.9	—	3710	789	2460	256	8.03	278	49.9	2.70	291	76.7
119	5.3	24.5	—	3340	1210	2190	231	7.90	253	44.9	2.69	261	69.1
106	6.0	27.2	—	2990	1880	1910	204	7.84	220	39.4	2.66	230	60.5
97	6.4	30.0	—	2750	2580	1750	188	7.82	201	36.1	2.65	211	55.3
86	7.2	33.4	57	2460	4060	1530	166	7.77	175	31.6	2.63	186	48.4
76	8.1	37.8	45	2180	6520	1330	146	7.73	152	27.6	2.61	163	42.2
71	4.7	32.4	61	2680	3310	1170	127	7.50	60.3	15.8	1.70	145	24.7
65	5.1	35.7	50	2470	4540	1070	117	7.49	54.8	14.4	1.69	133	22.5
60	5.4	38.7	43	2290	6080	984	108	7.47	50.1	13.3	1.69	123	20.6
55	6.0	41.2	38	2110	8540	890	98.3	7.41	44.9	11.9	1.67	112	18.5
50	6.6	45.2	31	1920	12400	800	88.9	7.38	40.1	10.7	1.65	101	16.6
46	5.0	44.6	32	2060	10100	712	78.8	7.25	22.5	7.43	1.29	90.7	11.7
40	5.7	51.0	25	1810	17200	612	68.4	7.21	19.1	6.35	1.27	78.4	9.95
35	7.1	53.5	22	1590	30300	510	57.6	7.04	15.3	5.12	1.22	66.5	8.06



## Anexo 13: Viga W - AISC



W SHAPES  
Dimensions

Designation	Area <i>A</i> in. <sup>2</sup>	Depth <i>d</i> in.	Web		Flange		Distance						
			Thickness <i>t<sub>w</sub></i> in.	$\frac{t_w}{2}$ in.	Width <i>b<sub>f</sub></i> in.	Thickness <i>t<sub>f</sub></i> in.	<i>T</i> in.	<i>k</i> in.	<i>k<sub>1</sub></i> in.				
W10×112 ×100 ×88 ×77 ×68 ×60 ×54 ×49	32.9	11.36	11 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.755	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>3</sup> / <sub>8</sub>	10.415	10 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.250	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
	29.4	11.10	11 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.680	<sup>11</sup> / <sub>16</sub>	<sup>3</sup> / <sub>8</sub>	10.340	10 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.120	<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>7</sup> / <sub>8</sub>
	25.9	10.84	10 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.605	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	10.265	10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.990	1	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
	22.6	10.60	10 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.530	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	10.190	10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.870	<sup>3</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>
	20.0	10.40	10 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.470	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	10.130	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.770	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
	17.6	10.22	10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.420	<sup>7</sup> / <sub>16</sub>	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	10.080	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.680	<sup>11</sup> / <sub>16</sub>	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>
	15.8	10.09	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.370	<sup>3</sup> / <sub>8</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	10.030	10	0.615	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>11</sup> / <sub>16</sub>
14.4	9.98	10	0.340	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	10.000	10	0.560	<sup>9</sup> / <sub>16</sub>	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	<sup>11</sup> / <sub>16</sub>	
W10×45 ×39 ×33	13.3	10.10	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.350	<sup>3</sup> / <sub>8</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	8.020	8	0.620	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	<sup>11</sup> / <sub>16</sub>
	11.5	9.92	9 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.315	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	7.985	8	0.530	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	<sup>11</sup> / <sub>16</sub>
	9.71	9.73	9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.290	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	7.960	8	0.435	<sup>7</sup> / <sub>16</sub>	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	<sup>11</sup> / <sub>16</sub>
W10×30 ×26 ×22	8.84	10.47	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.300	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	5.810	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.510	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	7.61	10.33	10 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.260	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	5.770	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.440	<sup>7</sup> / <sub>16</sub>	8 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>7</sup> / <sub>8</sub>	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	6.49	10.17	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.240	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	5.750	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.360	<sup>3</sup> / <sub>8</sub>	8 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>
W10×19 ×17 ×15 ×12	5.62	10.24	10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.250	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4.020	4	0.395	<sup>3</sup> / <sub>8</sub>	8 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>13</sup> / <sub>16</sub>	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	4.99	10.11	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.240	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4.010	4	0.330	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	8 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	4.41	9.99	10	0.230	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4.000	4	0.270	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	8 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>11</sup> / <sub>16</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>
	3.54	9.87	9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.190	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3.960	4	0.210	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	8 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>

W SHAPES Properties													
Nom- inal Wt. per ft	Compact Section Criteria			$X_1$	$X_2 \times 10^6$	Elastic Properties						Plastic Modulus	
						Axis X-X			Axis Y-Y			$Z_x$	$Z_y$
	$\frac{b_f}{2t_f}$	$\frac{h}{t_w}$	$F_y^{min}$			$I$	$S$	$r$	$I$	$S$	$r$		
	lb		ksi			ksi	$(1/ksi)^2$	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.
112	4.2	10.4	—	7080	56.7	716	126	4.66	236	45.3	2.68	147	69.2
100	4.6	11.6	—	6400	83.8	623	112	4.60	207	40.0	2.65	130	61.0
88	5.2	13.0	—	5680	132	534	98.5	4.54	179	34.8	2.63	113	53.1
77	5.9	14.8	—	5010	213	455	85.9	4.49	154	30.1	2.60	97.6	45.9
68	6.6	16.7	—	4460	334	394	75.7	4.44	134	26.4	2.59	85.3	40.1
60	7.4	18.7	—	3970	525	341	66.7	4.39	116	23.0	2.57	74.6	35.0
54	8.2	21.2	—	3580	778	303	60.0	4.37	103	20.6	2.56	66.6	31.3
49	8.9	23.1	—	3280	1090	272	54.6	4.35	93.4	18.7	2.54	60.4	28.3
45	6.5	22.5	—	3650	758	248	49.1	4.32	53.4	13.3	2.01	54.9	20.3
39	7.5	25.0	—	3190	1300	209	42.1	4.27	45.0	11.3	1.98	46.8	17.2
33	9.1	27.1	—	2710	2510	170	35.0	4.19	36.6	9.20	1.94	38.8	14.0
30	5.7	29.5	—	2890	2160	170	32.4	4.38	16.7	5.75	1.37	36.6	8.84
26	6.6	34.0	55	2500	3790	144	27.9	4.35	14.1	4.89	1.36	31.3	7.50
22	8.0	36.9	47	2150	7170	118	23.2	4.27	11.4	3.97	1.33	26.0	6.10
19	5.1	35.4	51	2420	5160	96.3	18.8	4.14	4.29	2.14	0.874	21.6	3.35
17	6.1	36.9	47	2210	7820	81.9	16.2	4.05	3.56	1.78	0.844	18.7	2.80
15	7.4	38.5	43	1930	14300	68.9	13.8	3.95	2.89	1.45	0.810	16.0	2.30
12	9.4	46.6	30	1550	35400	53.8	10.9	3.90	2.18	1.10	0.785	12.6	1.74



# **Anexo 14: Perfil Redondo – Aceros Comerciales**



**aceros comerciales**

*El mundo del acero a tu alcance*

1

## BARRAS REDONDAS LISAS RESISTENCIA

### Descripción:

Producto de sección transversal circular, que se obtiene por laminación de palanquillas de Acero, previamente calentadas hasta una temperatura del orden de los 1250°C. Se suministran en 3 calidades de acero: Estructural, SAE 1022 y SAE 1045.

### Usos:

Las barras de calidad Estructural se utilizan en puertas, ventanas, rejas, cercos, etc. y en general en estructuras metálicas. La calidad SAE 1045 se utiliza en pernos y tuercas por recalado en caliente o mecanizado. ejes, pinas, pasadores, etc. Puede ser sometido a temple y revenido.

## PROPIEDADES MECANICAS

Plancha Estructural de Acero al Carbono de Baja Resistencia Mecánica

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm <sup>2</sup>	Kg/mm <sup>2</sup>	%	
ASTM A-36	25.3 min	41 min	20 min	DIN 17100 St 37-2
SAE 1045*	45	75	14	DIN 17200 CK 45

## COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO (%)

CALIDAD	C	Mn	P max	S max
ASTM A-36 (1)	0.26 max	0.60/0.90	0.040	0.05
SAE 1045	0.43/0.50	0.60/0.90	0.040	0.05

(1) Si = 0,4% max (2) Para diámetro mayores de 3/4"

## DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES

SISTEMA INGLES (pulgadas)	PESO ESTIMADO	
	Kg/m	Kg/6m
3/8	0.560	3.36
1/2	0.990	5.94
5/8	1.550	9.30
3/4	2.240	13.44
7/8	3.050	18.30
1	3.980	23.88
1 1/8	5.030	30.18
1 1/4	6.220	37.32
1 3/8	7.520	45.12
1 1/2	8.950	53.70
1 3/4	12.180	73.08
2	15.910	95.46



**aceros comerciales**

*El mundo del acero a tu alcance!*

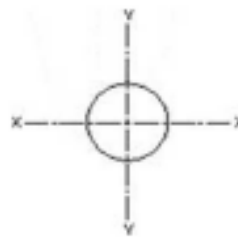
2/2

2 1/4	20.140	120.84
2 1/2	24.860	129.27 *
3	35.770	214.62
3 1/2	48.680	292.08
4	63.590	381.54
4 1/2	80.480	482.88
5	99.350	596.10
6	143.070	858.42

\*Peso de barra de 5.2 mts

NOTA.- Barras de diámetro mayores a 1'' son suministradas en estado laminado y pulidas.

El Largo Standard de las barras es 6 mts.



#### PROPIEDADES GEOMETRICAS PARA CALCULOS ESTRUCTURALES

DIAMETRO (pulgadas)	AREA (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	S (cm <sup>3</sup> )	r (cm)	J (cm <sup>4</sup> )
3/8	0.70	0.04	0.08	0.24	0.08
1/2	1.27	0.13	0.2	0.32	0.26
5/8	1.98	0.31	0.39	0.4	0.62
3/4	2.85	0.65	0.68	0.48	1.29
7/8	3.88	1.2	1.08	0.56	2.4
1	5.07	2.04	1.61	0.64	4.09

J=Momento de Torsion

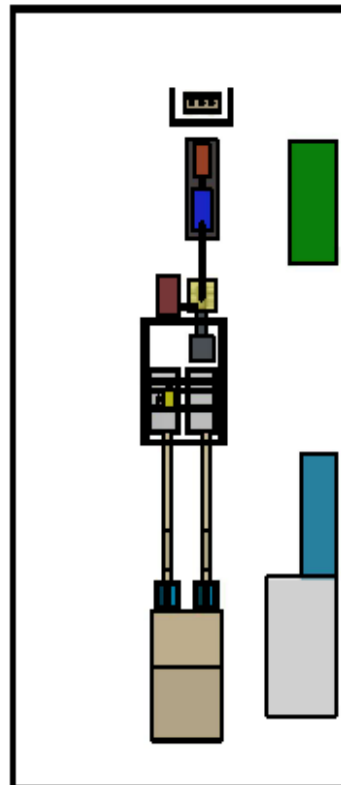
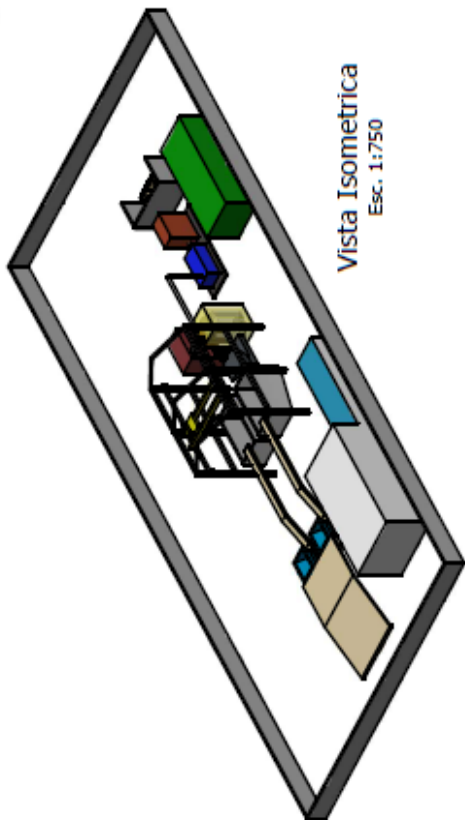
#### TOLERANCIAS DIMENSIONALES

DIAMETRO (d) (Pulg)	EN EL DIAMETRO	OVALIZACION
	(mm)	(mm)
$d \leq 1/2$	± 0.40	0.60
$1/2 < d \leq 7/8$	± 0.50	0.75
$7/8 < d \leq 1$	± 0.60	0.90
$1 < d \leq 1 1/8$	± 0.25	0.35
$1 1/8 < d \leq 1 1/4$	± 0.25	0.40
$1 1/4 < d \leq 1 3/8$	± 0.30	0.45
$1 3/8 < d \leq 1 1/2$	± 0.35	0.50
$1 1/2 < d \leq 2$	± 0.35	0.55
$2 < d \leq 2 1/2$	± 0.75	0.55



# Anexo 15: Planos de la Planta de RSC

# Planta de Generación de Energía Eléctrica con RSC



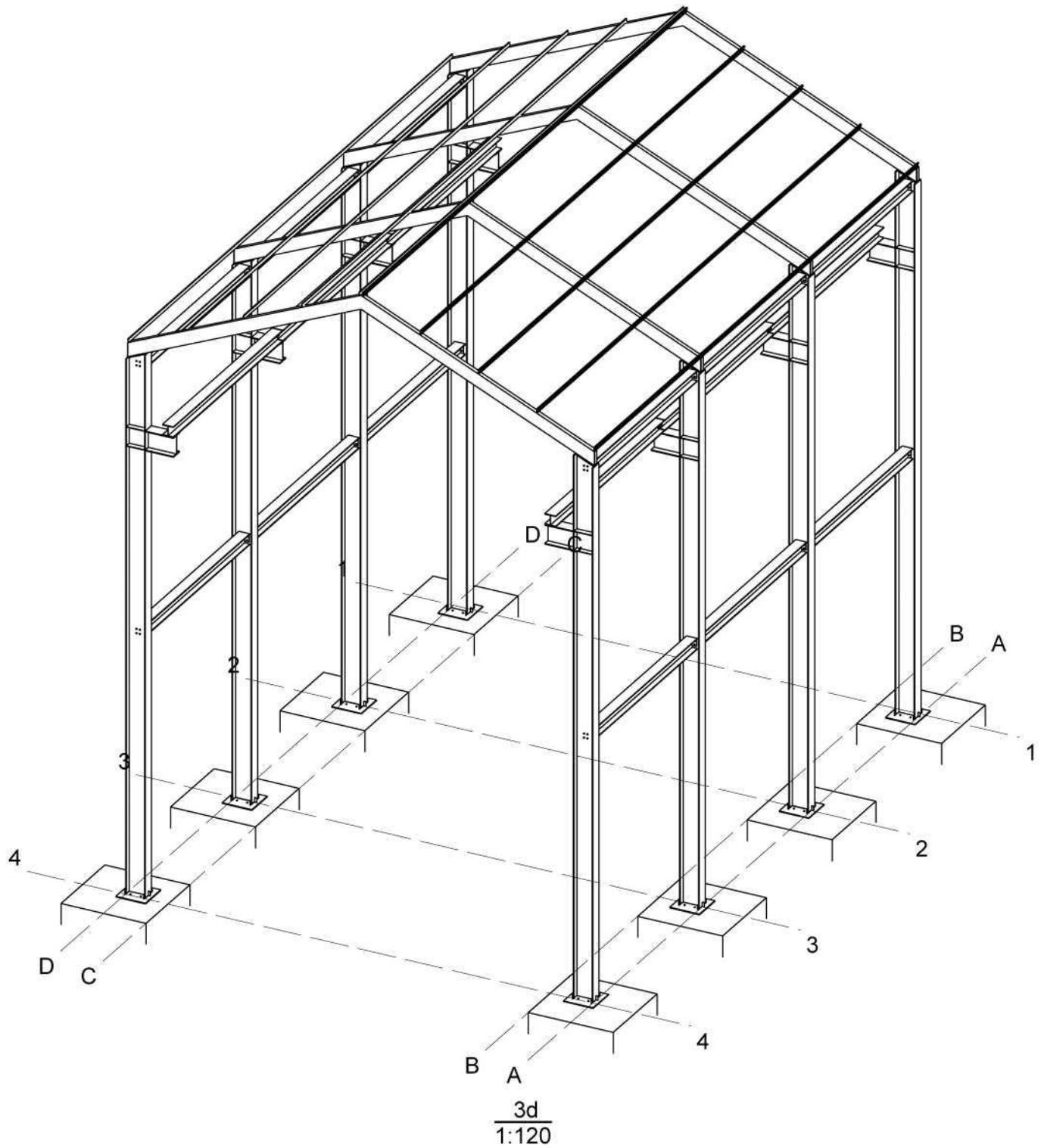
LISTA DE PIEZAS	
CTDAD	Nº DE PIEZA
2	Camara de Acopio
2	Silo de Recepcion
2	Faja Transportadora N°01
1	Tolva de Alimentacion
1	Incinerador
1	Domos
1	Turbina
1	Generador Electrico
1	Filtro de Gases de Combustion
1	Tuberia de Vapor
1	Tuberia de Gases
1	Rampa de Descarga de RSC
1	Puente Grua
1	Pulpo de Arrastre
1	Nave Industrial
1	Oficinas Administrativas
1	Transformador
1	Cerco

Designed by V.P.A.	Checked by V.P.A.	Approved by V.P.A.	Date 04/11/2016
Universidad Católica de Santa María		Plano de Arquitectura	
Planta de RSC		Edition Rv.0	Sheet 1 / 2





# Anexo 16: Planos de la Estructura Metálica



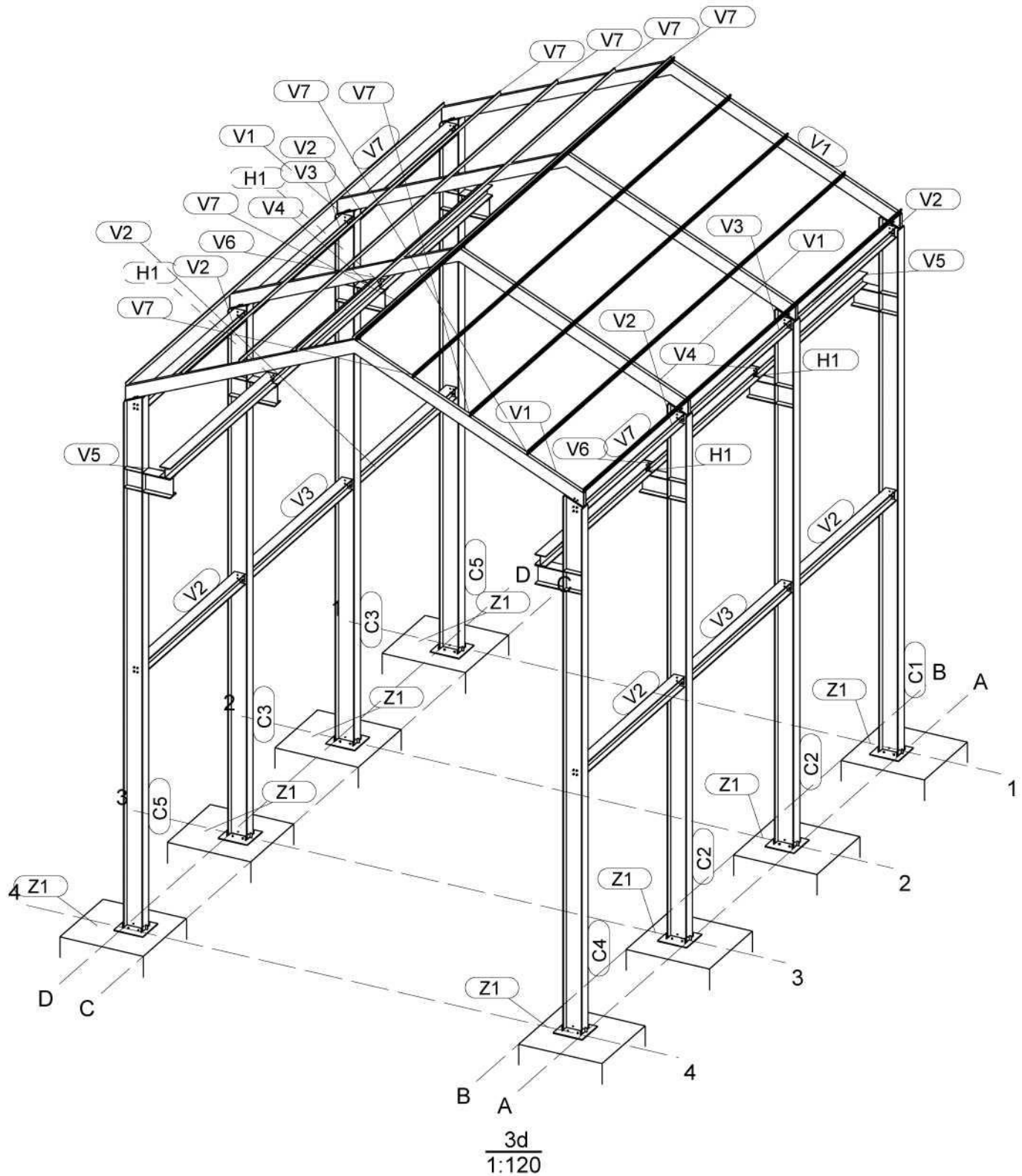
PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>Vista Isometrica</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: Ver vista



Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN
PROYECTO: <b>Tesis</b>			Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>G [28]</b>			ESTADO:


 Universidad Católica  
de Santa María



3d  
1:120

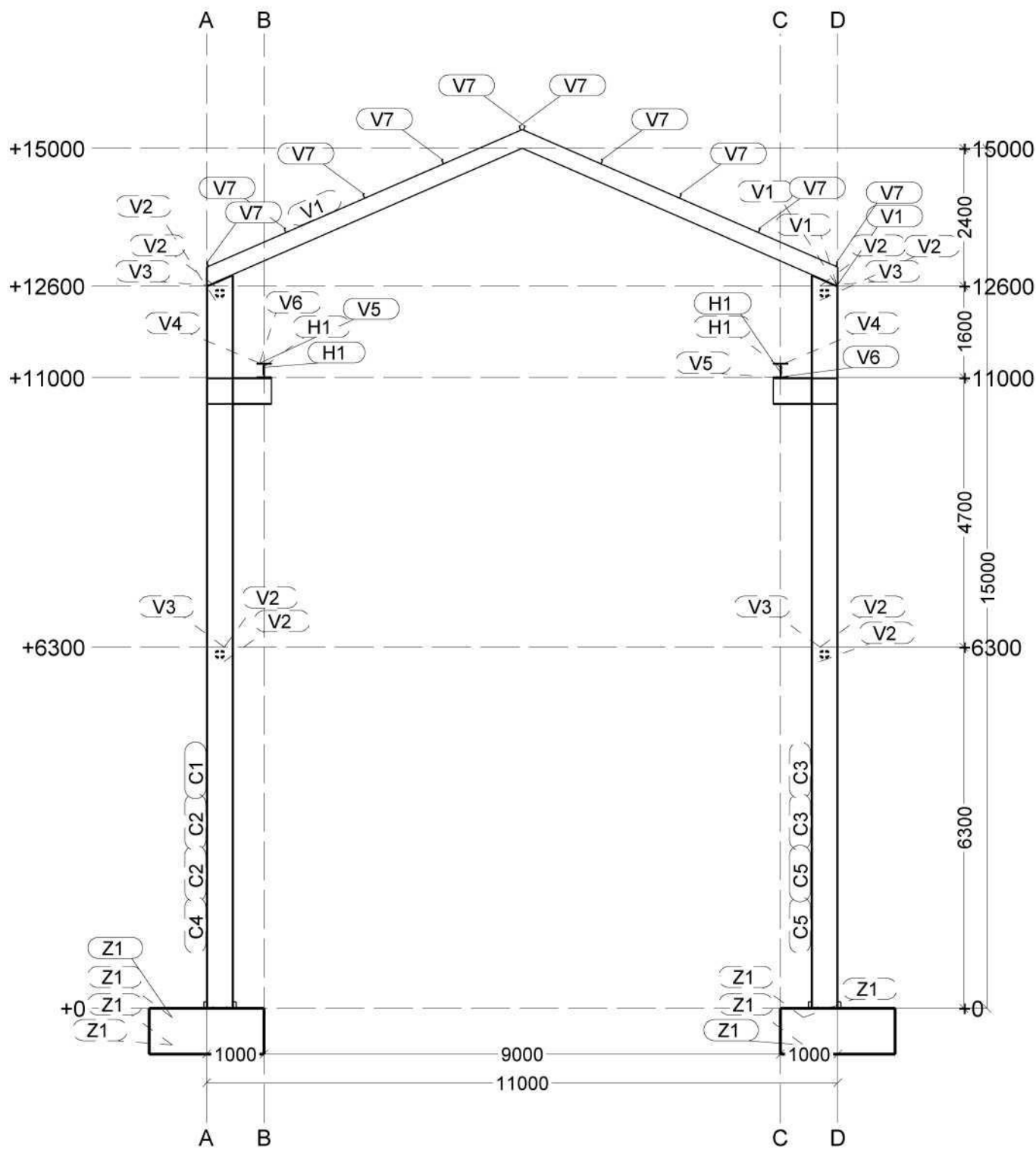
PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>Vista Isometrica</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: Ver vista

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN
PROYECTO: <b>Tesis</b>			Tamaño: A4
DIBUJO: <b>G [59]</b>			ESTADO:



Universidad Católica  
de Santa María



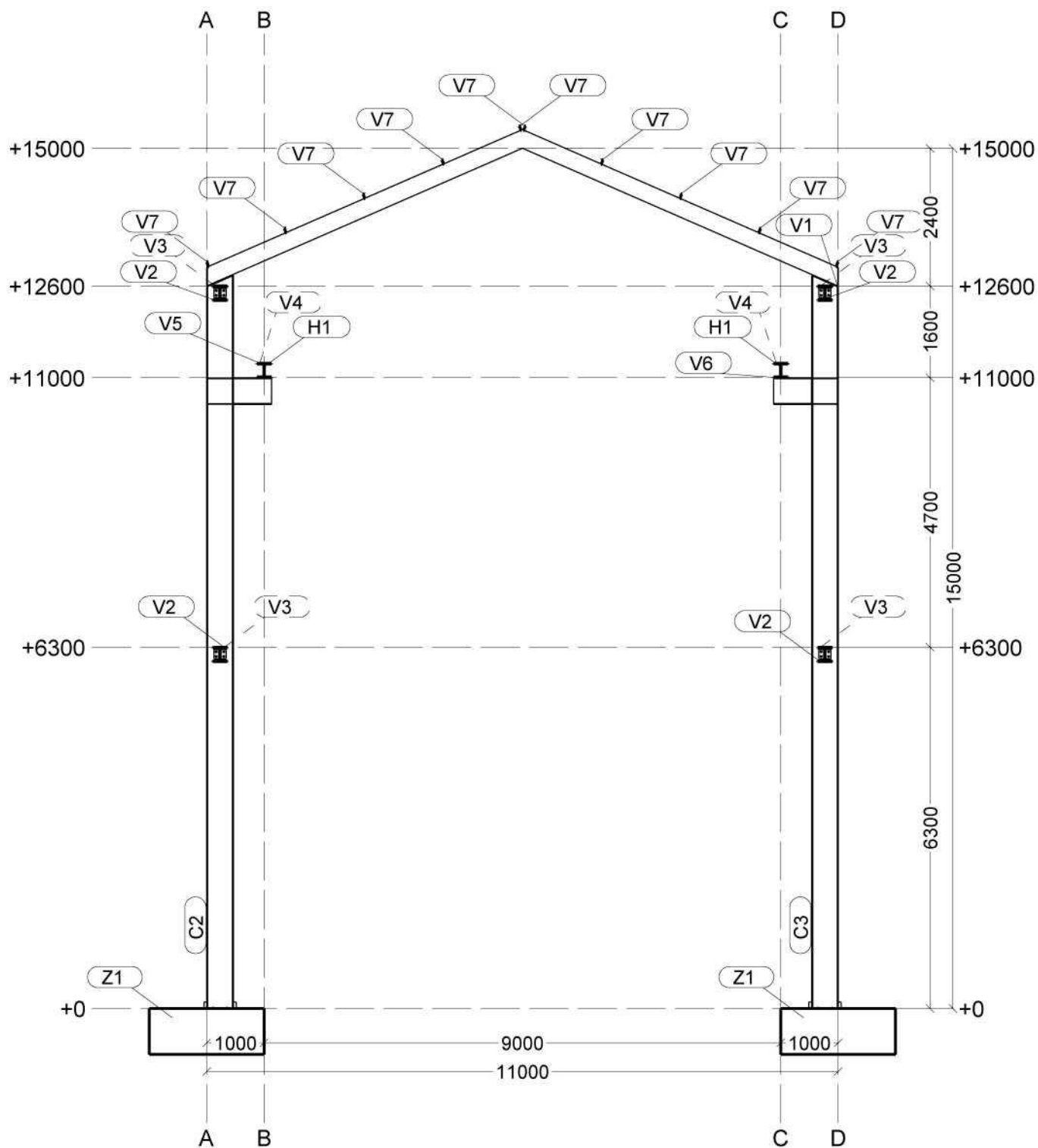
**EJE 1**  
1:100

Tekla structures

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>Eje 1</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: Ver vista

POWERED BY <b>TEKLA</b> A TRIMBLE COMPANY
---

Nº rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN	
<b>Universidad Católica de Santa María</b>			PROYECTO: <b>Tesis</b> DIBUJO: <b>G [58]</b> ESTADO:
			Tamaño: <b>A4</b>



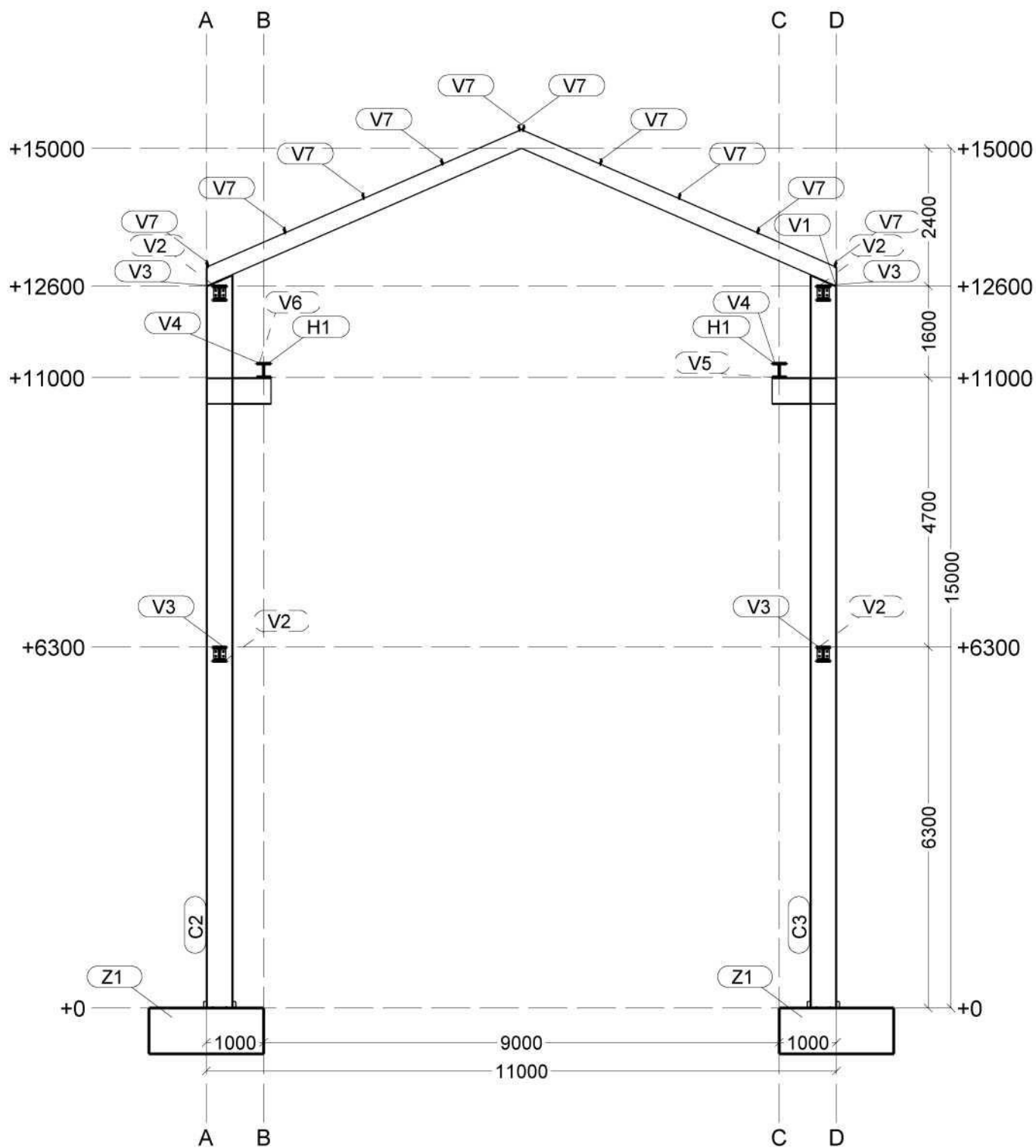
**EJE 2**  
1:100

Tekla structures

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>Eje 2</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: Ver vista

POWERED BY <b>TEKLA</b> A TRIMBLE COMPANY
---


Nº rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN	
<b>Universidad Católica de Santa María</b>			PROYECTO: <b>Tesis</b> DIBUJO: <b>G [60]</b> ESTADO:
			Tamaño: <b>A4</b>

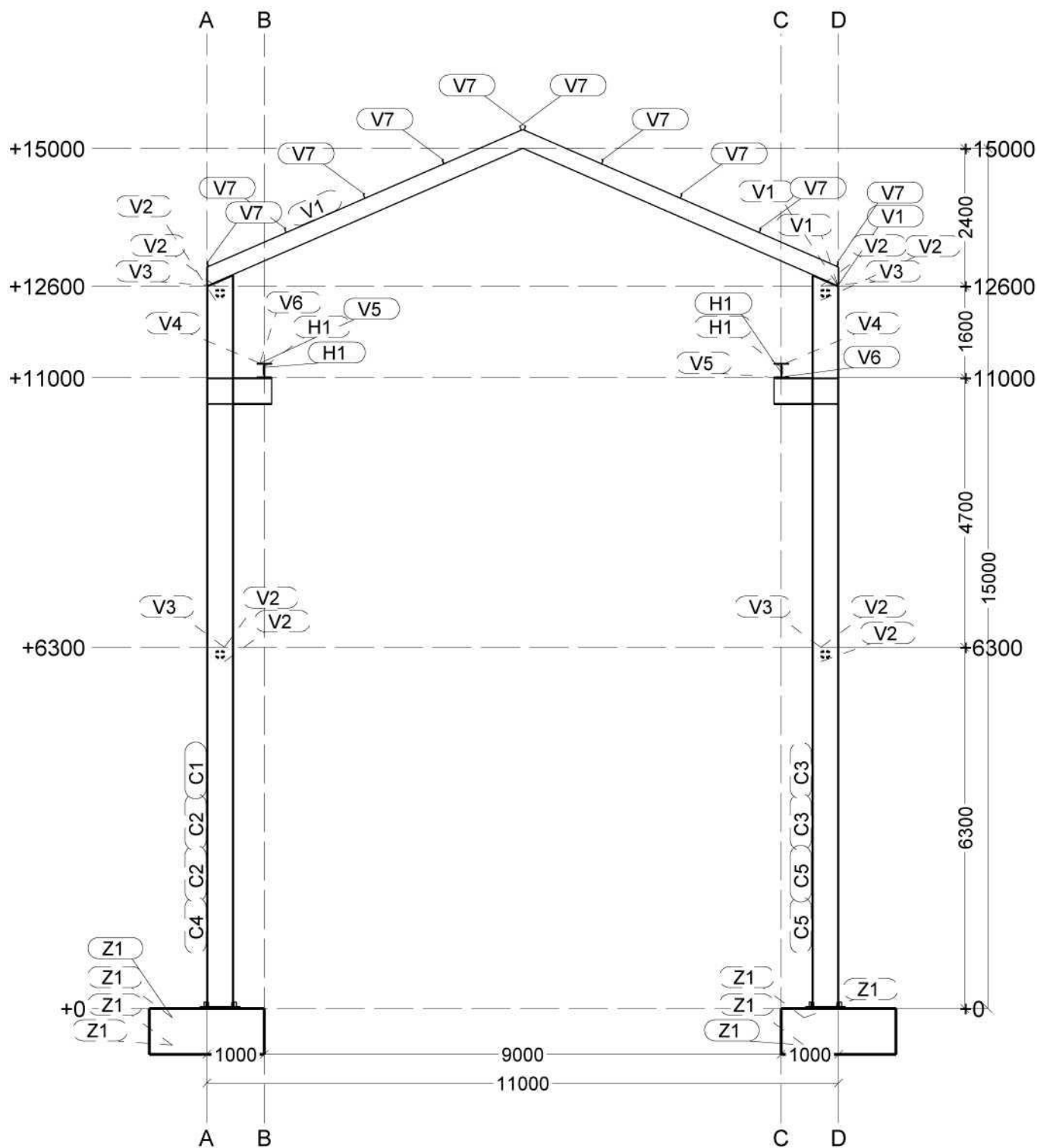


**EJE 3**  
1:100

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>Eje 3</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: Ver vista

POWERED BY <b>TEKLA</b> A TRIMBLE COMPANY
---

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN
 <b>Universidad Católica de Santa María</b>			PROYECTO: <b>Tesis</b> DIBUJO: <b>G [61]</b> ESTADO:
			Tamaño: <b>A4</b>

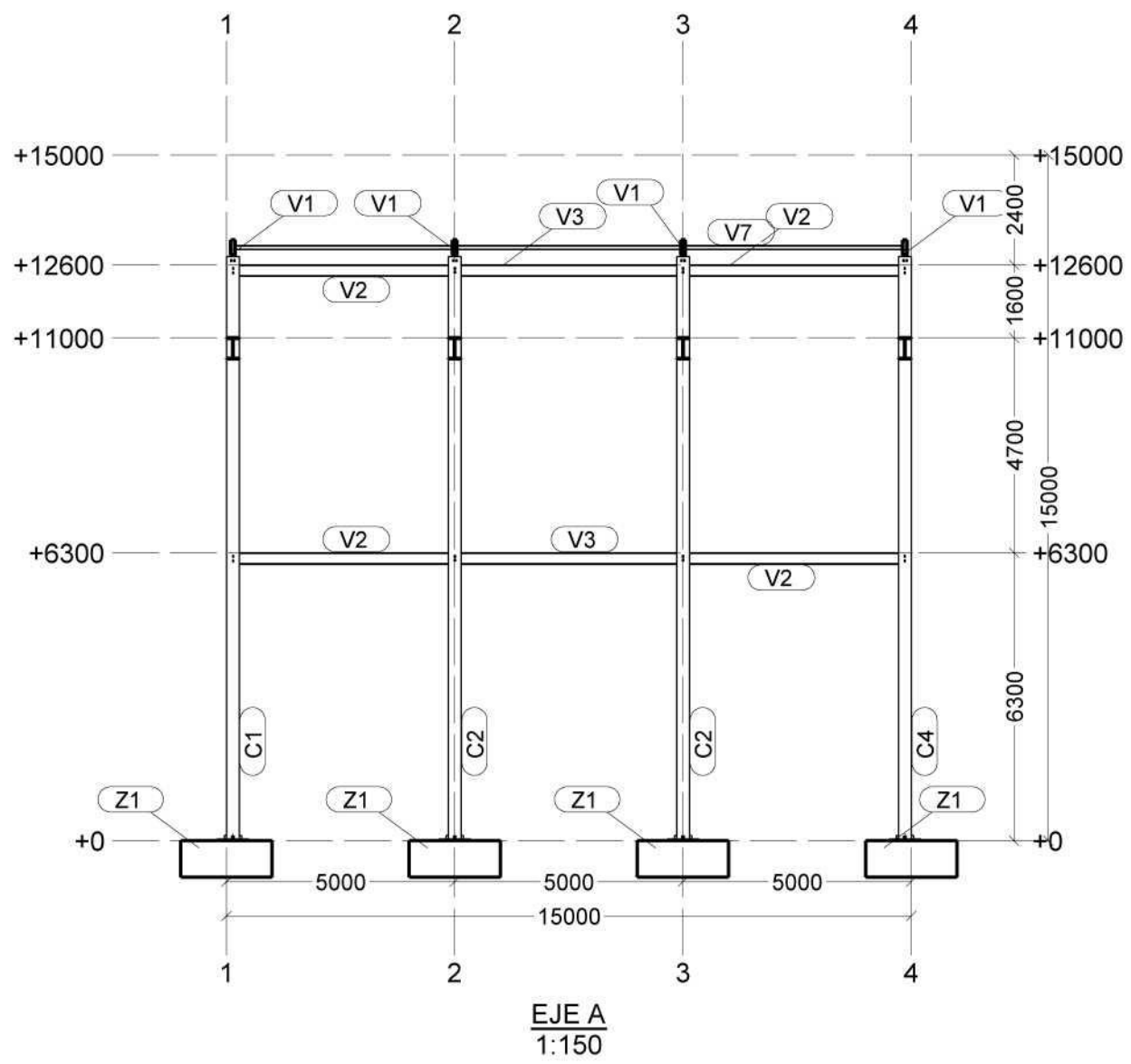


**EJE 4**  
1:100

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>Eje 4</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: Ver vista

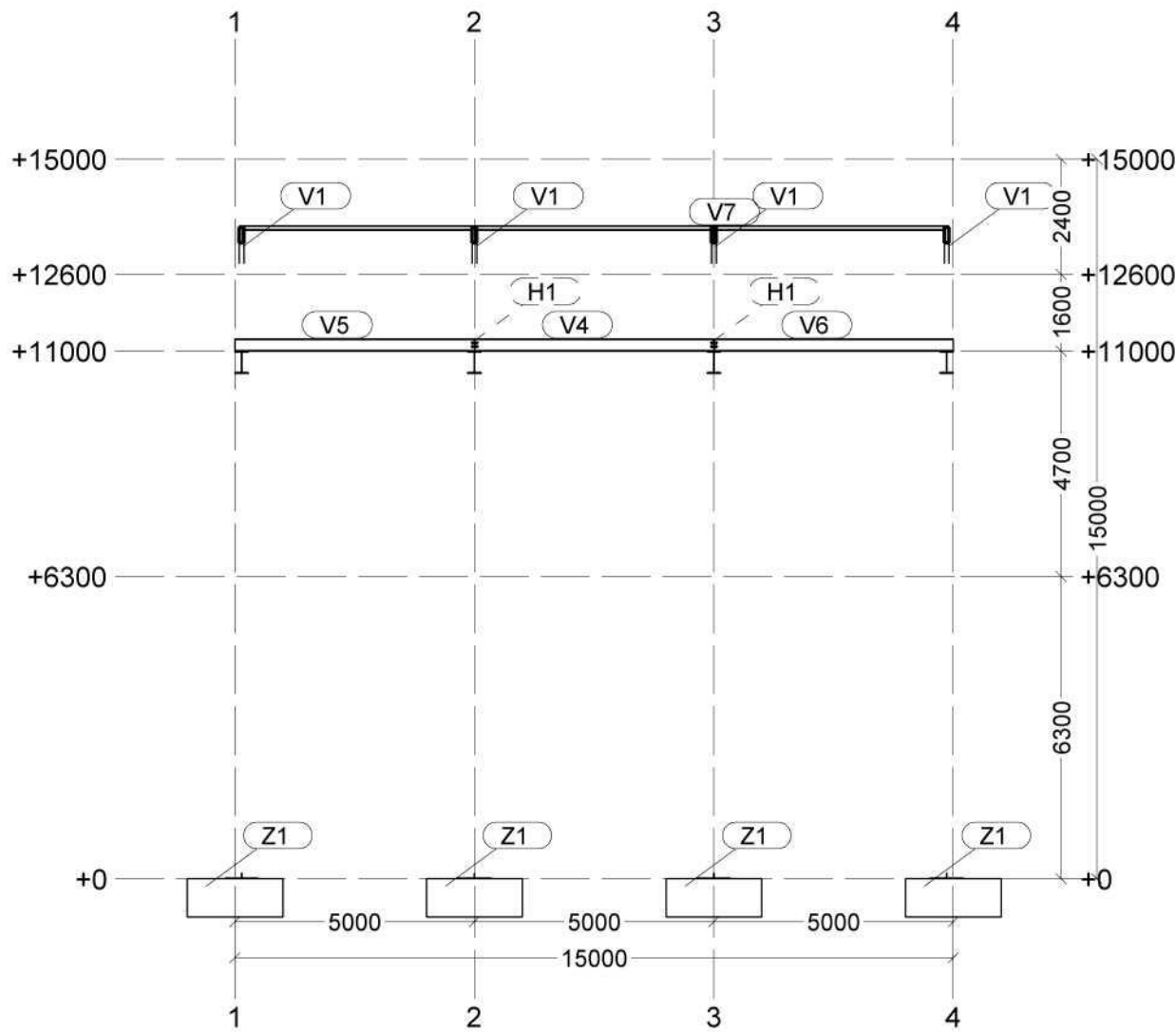
POWERED BY <b>TEKLA</b> A TRIMBLE COMPANY
---

Nº rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN
			PROYECTO: <b>Tesis</b> DIBUJO: <b>G [62]</b> ESTADO:
			Tamaño: <b>A4</b>



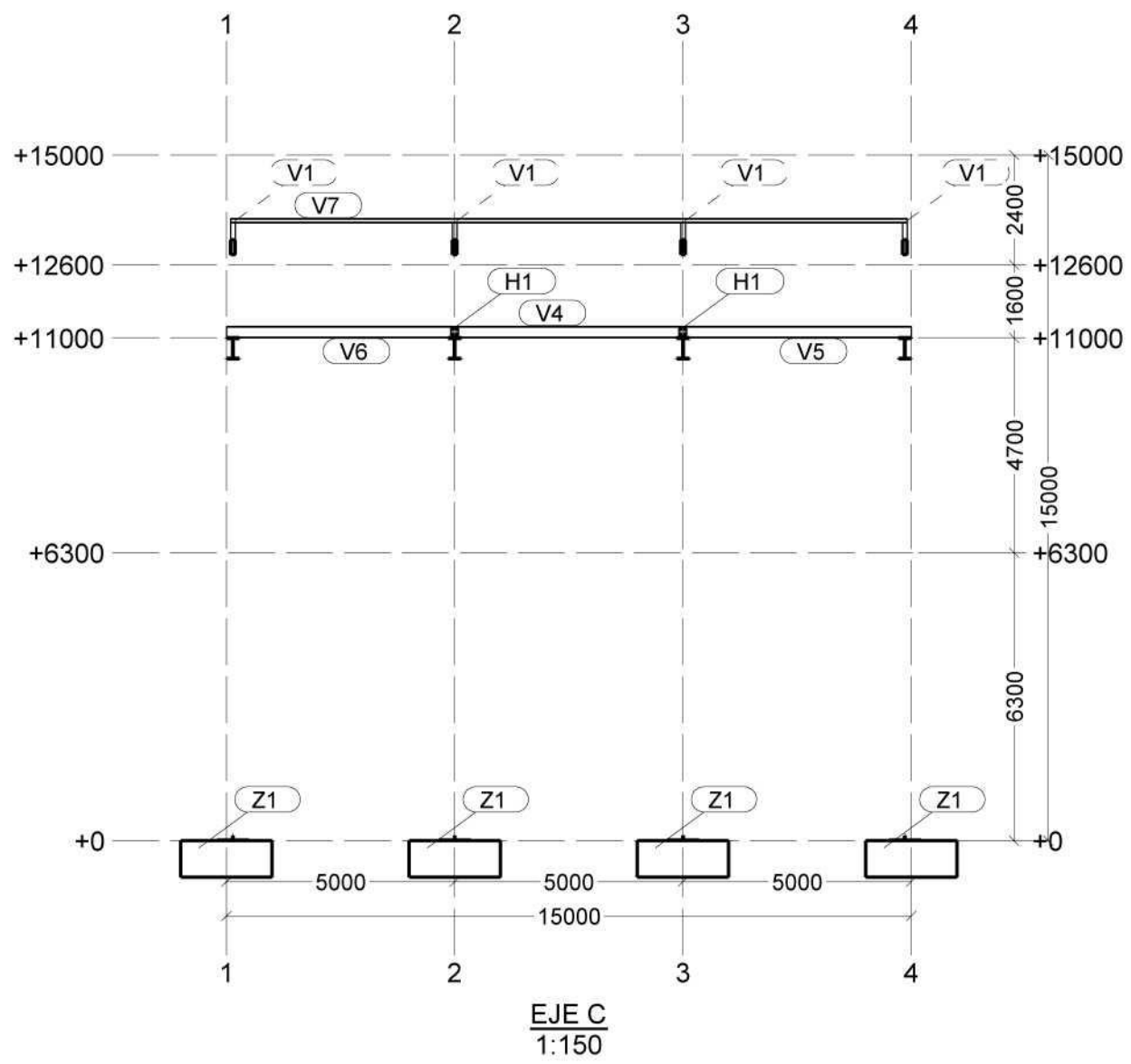
**EJE A**  
1:150

Nº rev		Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
PROYECTO:		Diseñador: Victor Pineda		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN
Título DIBUJO:		Fecha: 04.11.2016		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
Eje A		Escala: Ver vista		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN
CONSTRUCTOR:				PROYECCIÓN: 
UCSM				 Universidad Católica de Santa María
		PROYECTO: Tesis		Tamaño: A4
		DIBUJO: G [63]		ESTADO:

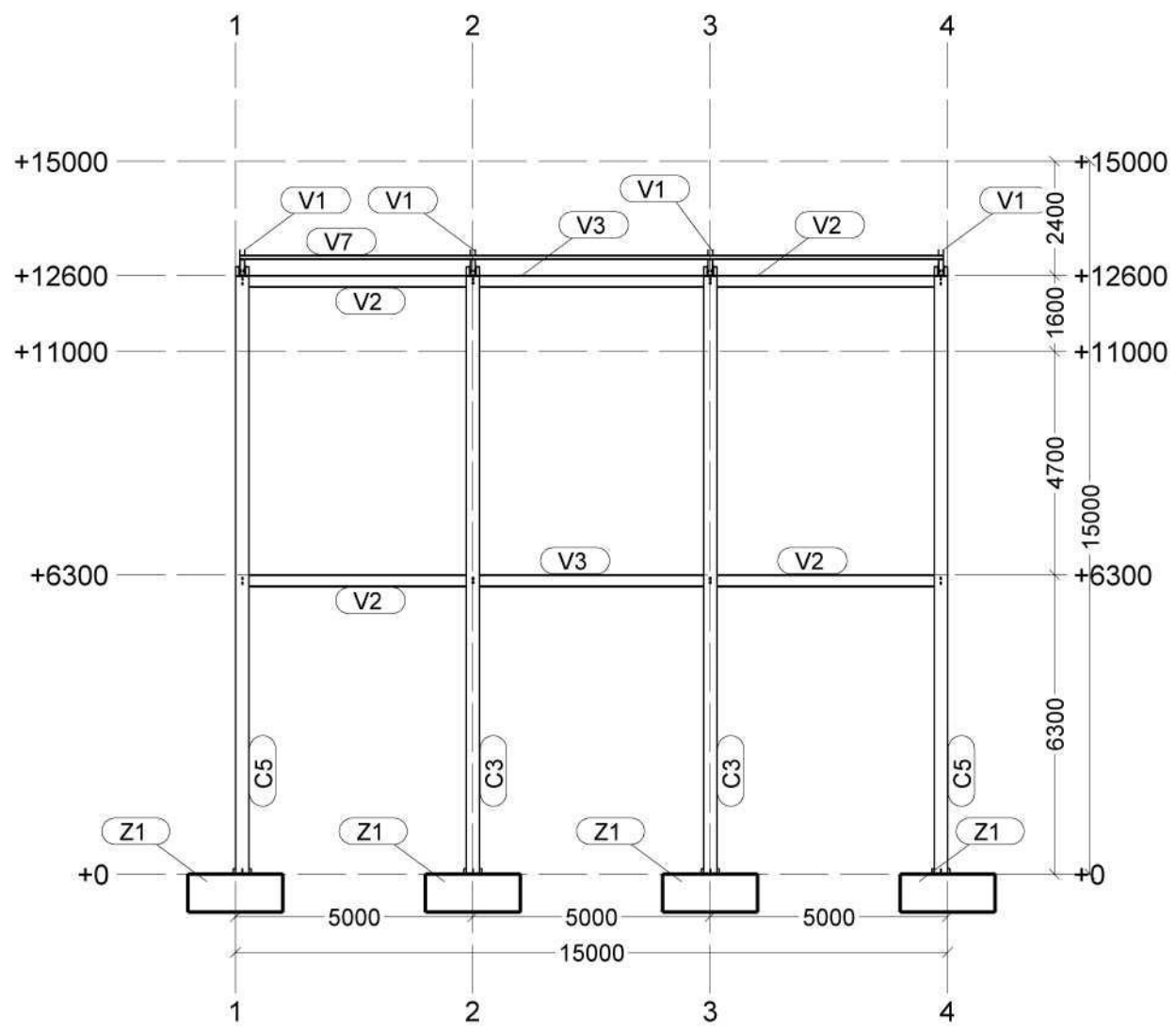


**EJE B**  
1:150

Nº rev		Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
PROYECTO:		Diseñador: Victor Pineda		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN
Título DIBUJO:		Fecha: 04.11.2016		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
Eje B		Escala: Ver vista		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN
CONSTRUCTOR:		 Universidad Católica de Santa María		PROYECCIÓN: 
UCSM				PROYECTO: Tesis
		 POWERED BY <b>TEKLA</b> A TRIMBLE COMPANY		DIBUJO: G [64]
				Tamaño: A4
				ESTADO:

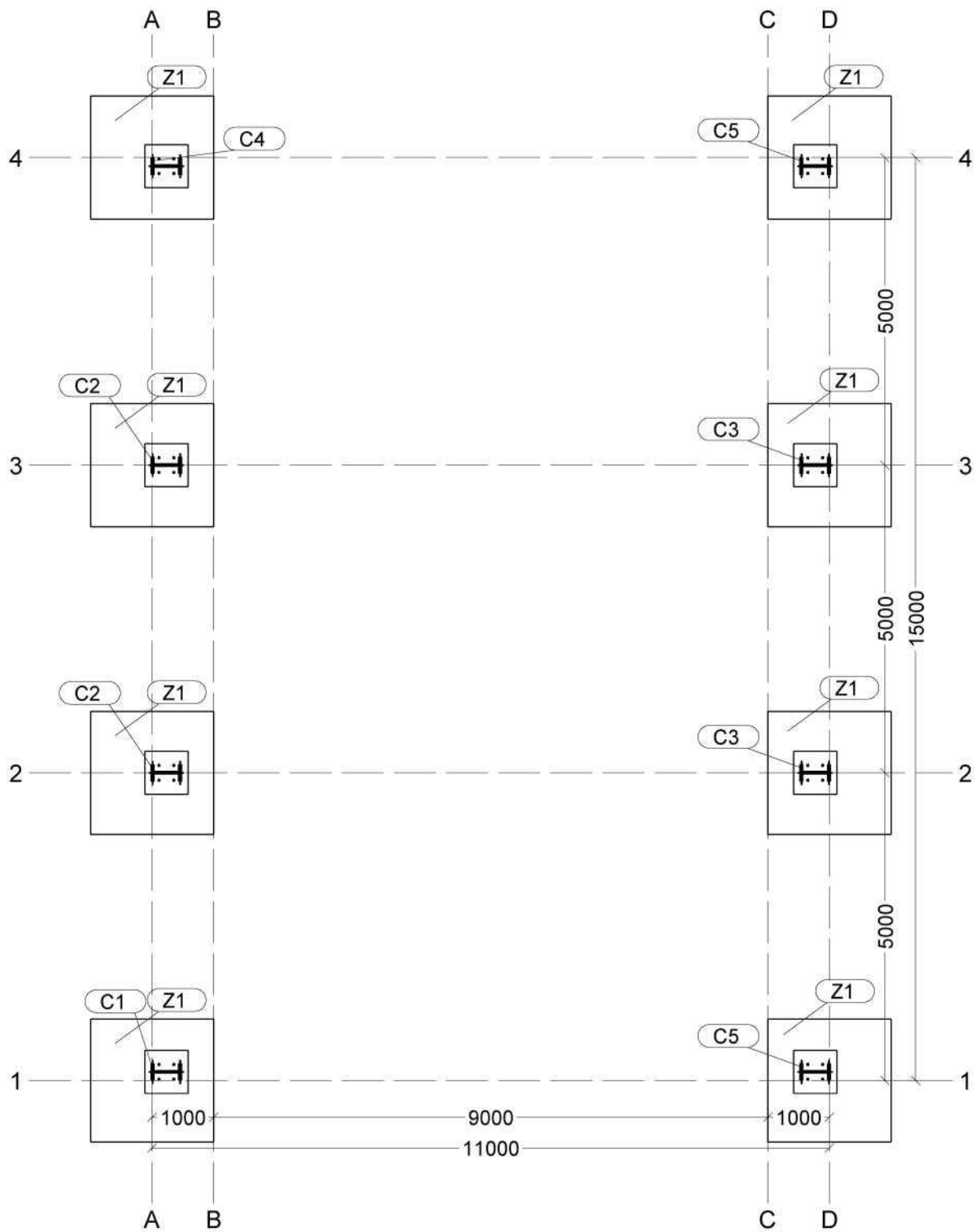


PROYECTO:		Diseñador: Victor Pineda		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
Techo Estructural		Fecha: 04.11.2016		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
TÍTULO DIBUJO:		Escala: Ver vista					
Eje C							
CONSTRUCTOR:				<b>Universidad Católica de Santa María</b>		PROYECTO: Tesis	
UCSM						DIBUJO: G [65]	
						ESTADO:	
						Tamaño: A4	



**EJE D**  
1:150

Nº rev		Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión	
PROYECTO:		Diseñador: Victor Pineda		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	
<b>Techo Estructural</b>		Fecha: 04.11.2016		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
TÍTULO DIBUJO:		Escala: Ver vista		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	
<b>Eje D</b>				PROYECCIÓN:	
CONSTRUCTOR:				PROYECTO:	
UCSM				Tesis	
				DIBUJO:	
				G [66]	
				ESTADO:	
				Tamaño: A4	

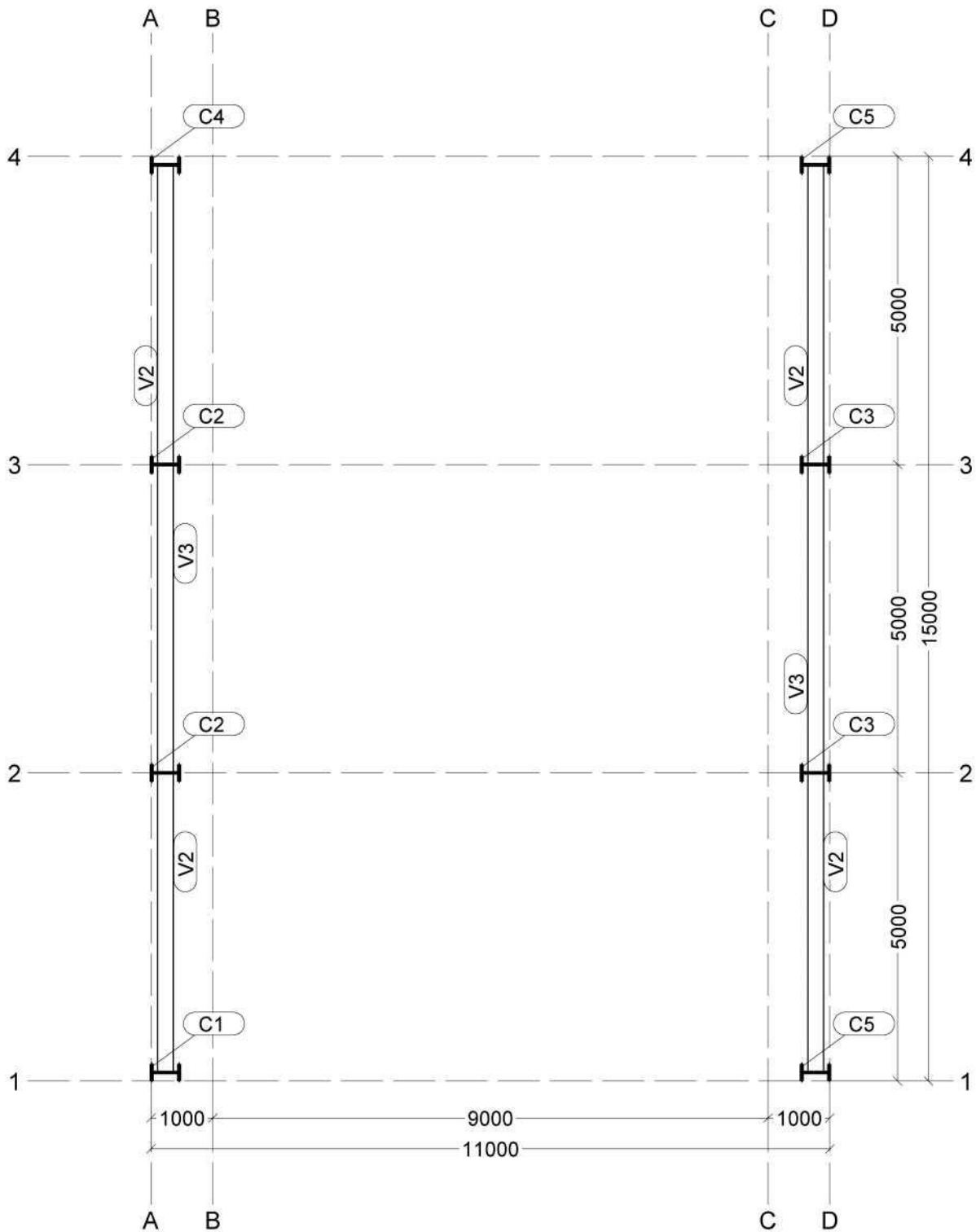


**EJE+0**  
1:100

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>Nivel +0.00</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: Ver vista

N° rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS 4 ; SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN
		PROYECTO: <b>Tesis</b>	Tamaño: <b>A4</b>
		DIBUJO: <b>G [67]</b>	ESTADO:

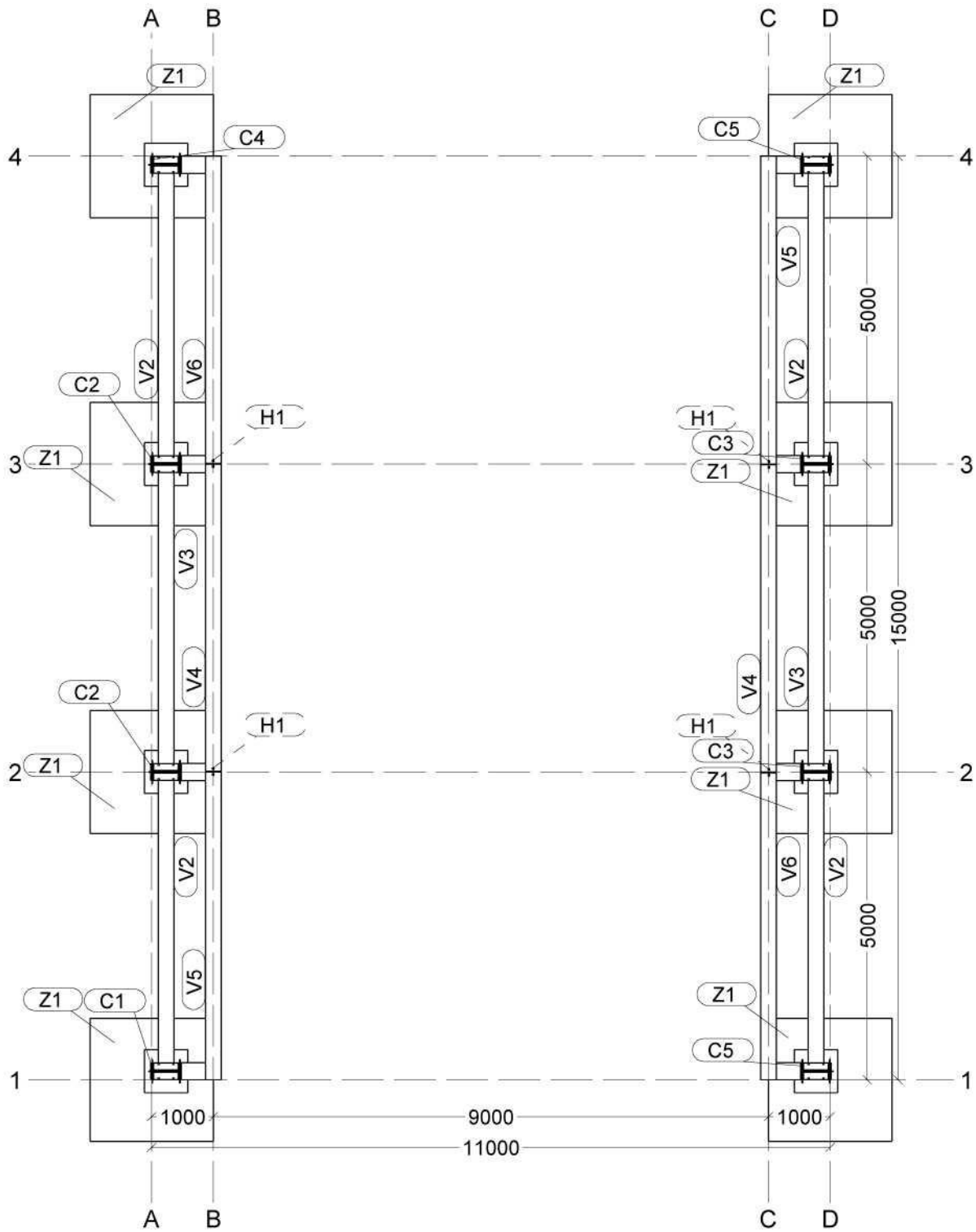


**EJE+6300**  
1:100

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>Nivel +6300</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: Ver vista

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR; SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN
Universidad Católica de Santa María			PROYECTO: Tesis DIBUJO: G [68] ESTADO:
			Tamaño: A4



**EJE+11000**  
1:100

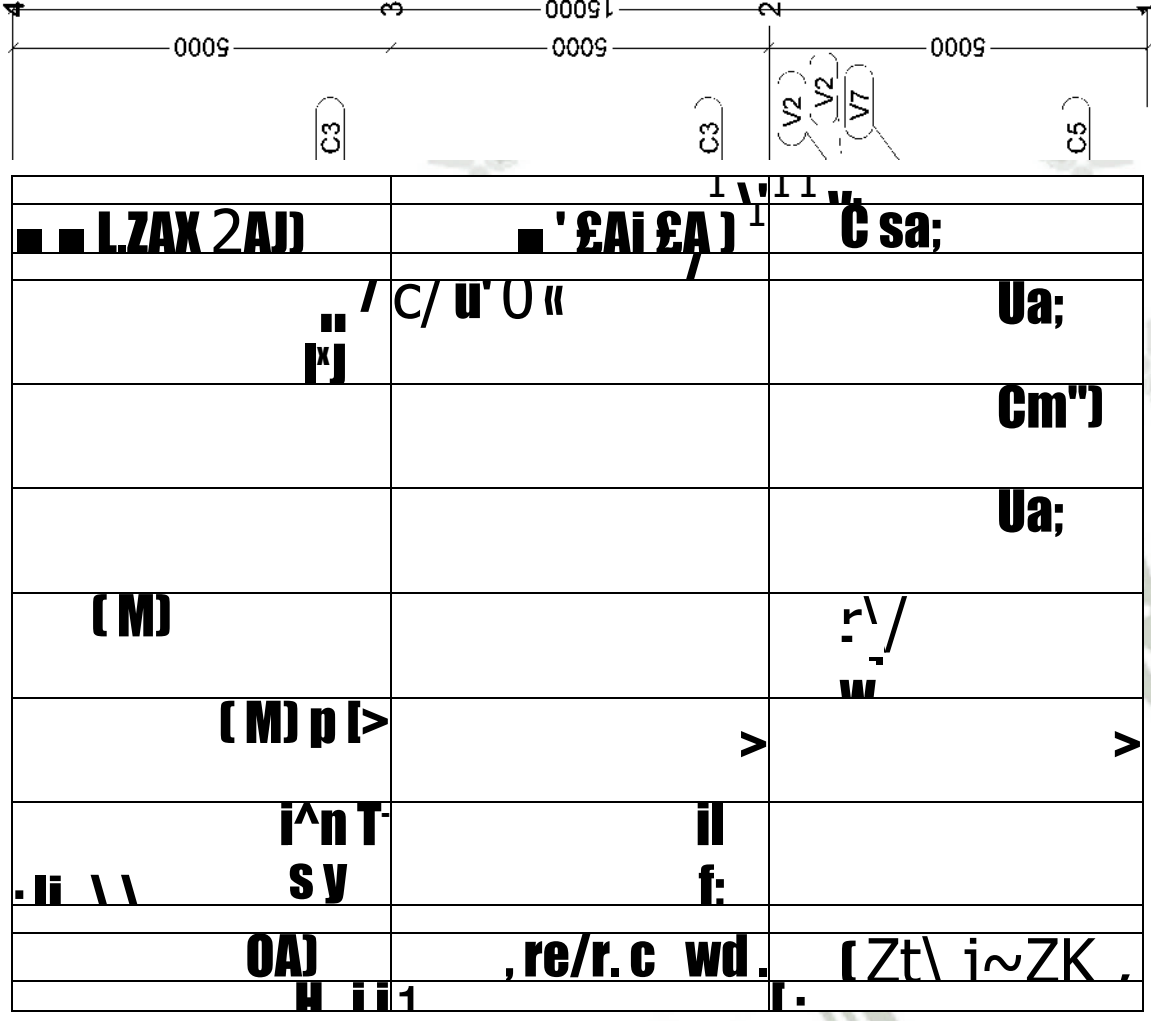
PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>Nivel +11000</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: Ver vista



Nº rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN	
<b>Universidad Católica de Santa María</b>			PROYECTO: <b>Tesis</b> DIBUJO: <b>G [69]</b> ESTADO:
			Tamaño: <b>A4</b>

0 0 0

C5



LZAX 2AJ	'EAI EA)	C sa;
	/c/ u' O "	Ua;
		Cm")
		Ua;
( M)		
( M) p l >		v
i ^ n T- s y		il f:
OA)	, re/r. c wd.	(Zt\ i ~ ZK.

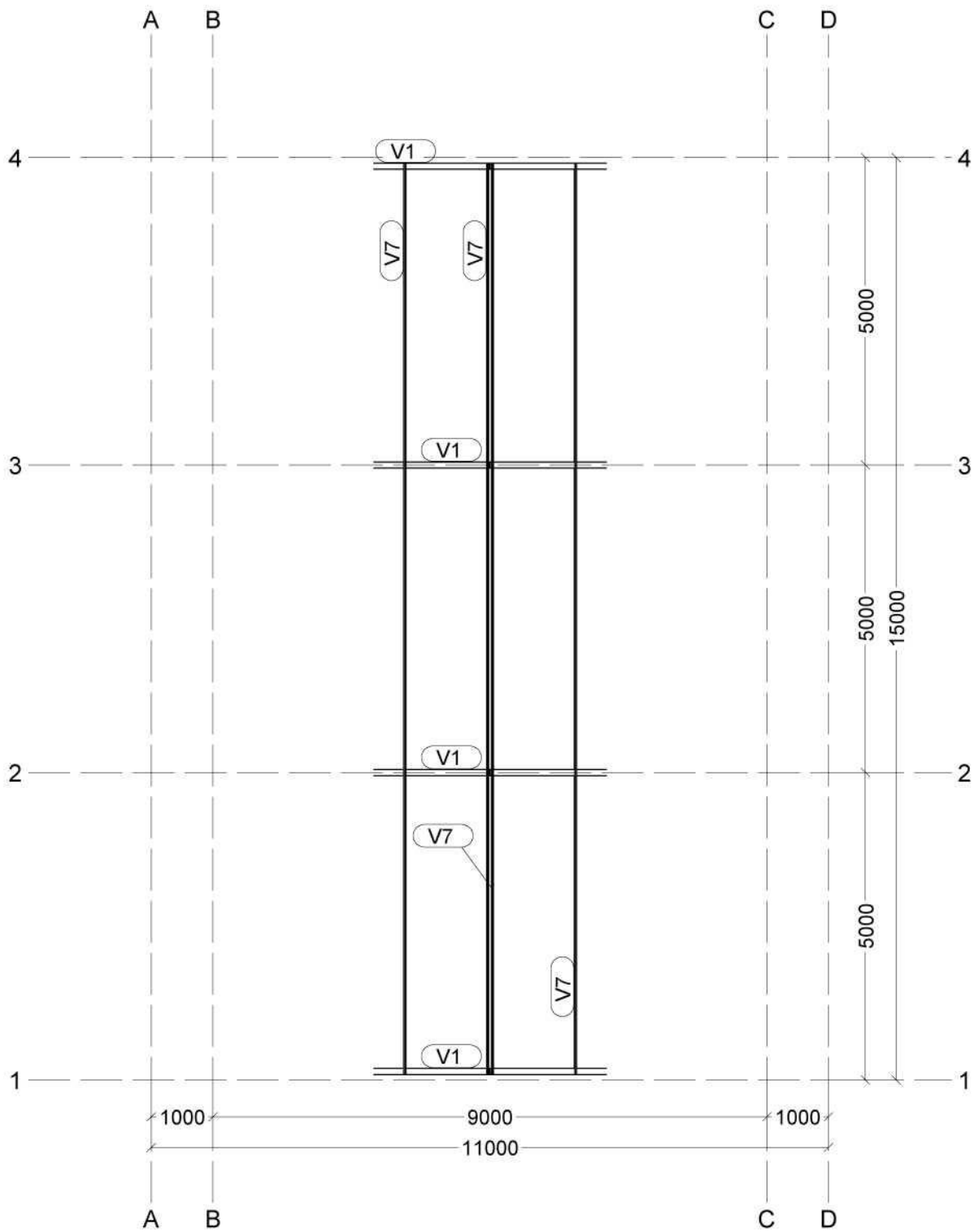
il

000  
000  
000

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL S775UR, SAI VO INDICACIÓN	
		CALIDAD TORNILLOS 8.0 SALVO INDICACIÓN	
		PROYECCIÓN	

Diseñador:            Projección:             
 Fecha: 04/12/09  
 Escala: Ver vista





**EJE+15000**  
1:100

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>Nivel +15000</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: Ver vista



Nº rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN
			PROYECTO: <b>Tesis</b>
			DIBUJO: <b>G [71]</b>
			ESTADO:
			Tamaño: <b>A4</b>

**LISTA DE PARTES DE CONJUNTO**  
**Conjunto: C1**  
**Acabado:**

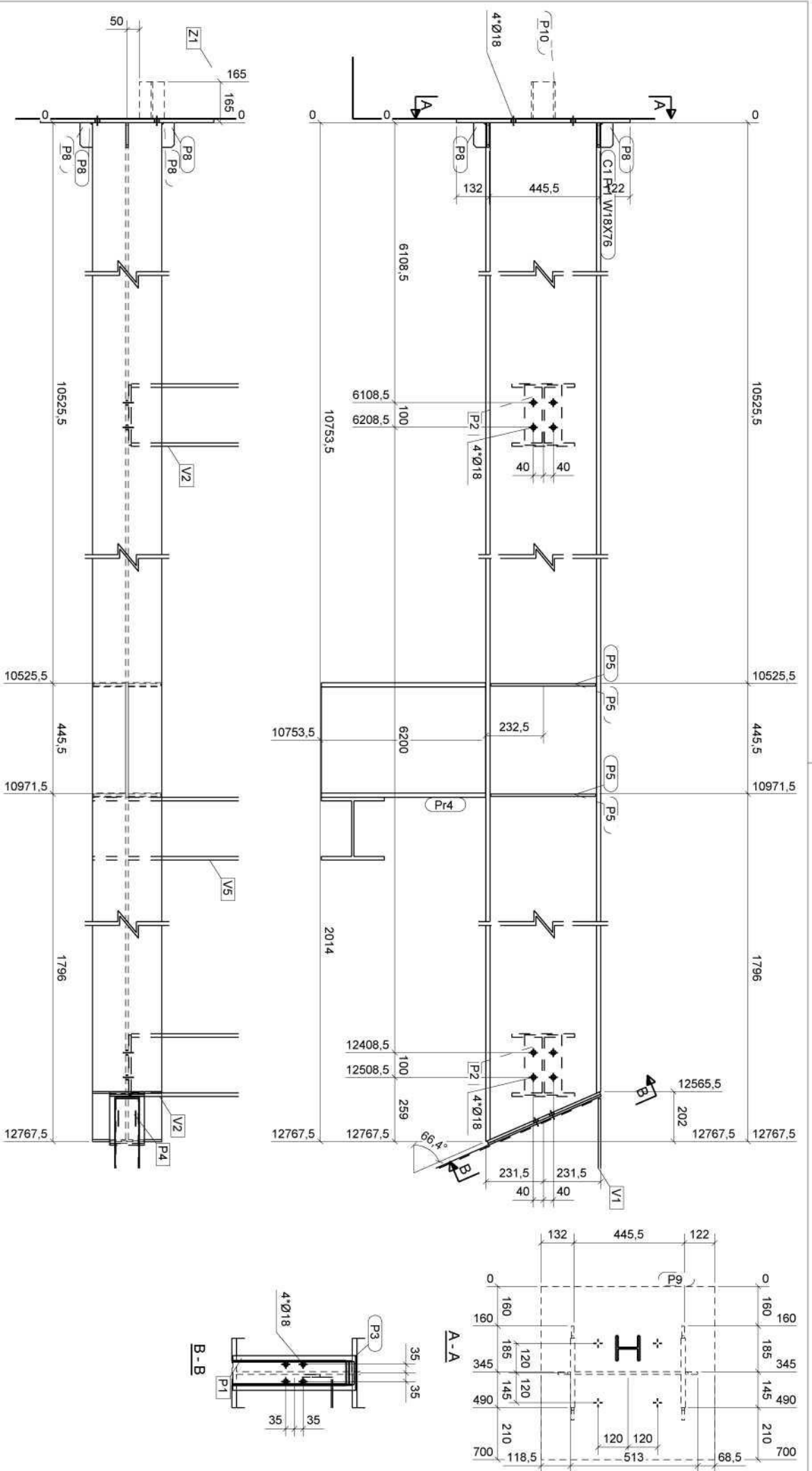
Parte	Perfil	Material	Numero	Long. (mm)	Peso (kg)
P3	PL10*140	S275JR	1	495	5,4
P5	S275JR	S275JR	4	424	17,3
P8	PL10*50	S275JR	6	100	2,3
P9	PL15*700	S275JR	1	700	57,7
P10	HEA100	S275JR	1	150	2,5
P11	W18X76	S275JR	1	12767	1434,7
P14	W18X76	A36	1	663	74,5
<b>Total por conjunto</b>					<b>1594,5</b>

**Numero: 1**  
**Long. (mm): 12940**

PROYECTO	Techo Estructural
TITULO DIBUJO	CONJUNTO
CONSTRUCTOR	UCSM

Diseñador	Victor Prieta
Fecha	04.11.2016
Escala	1:15

MATERIAL	S275JR, SALVO INDICACION	SOLDADURA	B. I. SALVO INDICACION
CALIDAD TORNEADOS	8.8, SALVO INDICACION	PROTECCION	
PROYECTOR	TEKLA	PROYECTOR	TEKLA
UNIVERSIDAD	Universidad Católica de Santa María	PROYECTOR	TEKLA
ESTADISTICO	A.C.11	PROYECTOR	TEKLA
ESTADISTICO	A3	PROYECTOR	TEKLA



LISTA DE PARTES DE CONJUNTO					
Conjunto: C2					
Número: 2					
Acabado:					
Parte	Perfil	Material	Número	Long. (mm)	Peso (kg)
P3	PL10*140	S275JR	1	495	5,4
P5	PL10*130	S275JR	4	424	17,3
P8	PL10*50	S275JR	6	100	2,3
P9	PL15*700	S275JR	1	700	57,7
P10	HEA100	S275JR	1	150	2,5
P12	W18X76	A36	1	12767	1434,7
P14	W18X76	A36	1	663	74,5
Total por conjunto					1594,5

PROYECTO	Techo Estructural
TITULO DEL CONJUNTO	CONJUNTO
CONSTRUCTOR	UCSM

Disenador: Victor Prieta  
Fecha: 04.11.2016  
Escala: 1:15

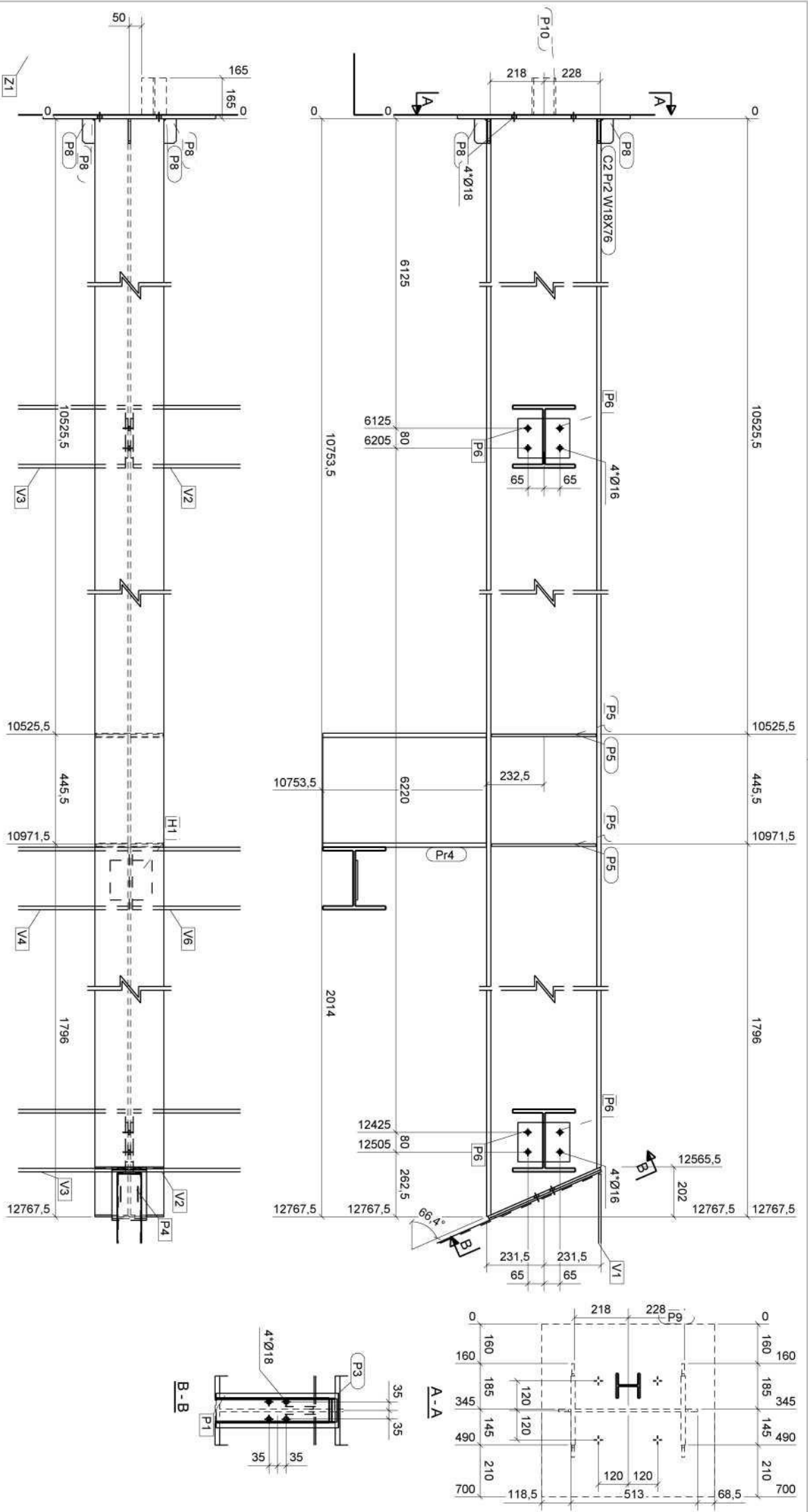
Revisión: 1 Descripción de revisión

MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACION  
CANTIDAD: TORNEADOS SA, SALVO INDICACION

PROTECCION: SOLADURAS: N. I. SALVO INDICACION  
PROTECCION:  E1

PROYECTO: TEBAS  
DISEÑADOR: A.C.21  
ESTADO: A3

Modelo Tekla Structures  
Techo Estructural  
ploteado el 05.01.2017



LISTA DE PARTES DE CONJUNTO					
Conjunto: C4					
Acabado:					
Parte	Perfil	Material	Numero	Long. (mm)	Peso (kg)
P3	PL10*140	S275JR	1	495	5,4
P5	PL10*130	S275JR	4	424	17,3
P8	PL10*50	S275JR	6	100	2,3
P9	PL15*700	S275JR	1	700	57,7
P10	HEA100	S275JR	1	150	2,5
P13	W18X76	A36	1	12767	1434,7
P14	W18X76	A36	1	663	74,5
Total por conjunto					1594,5

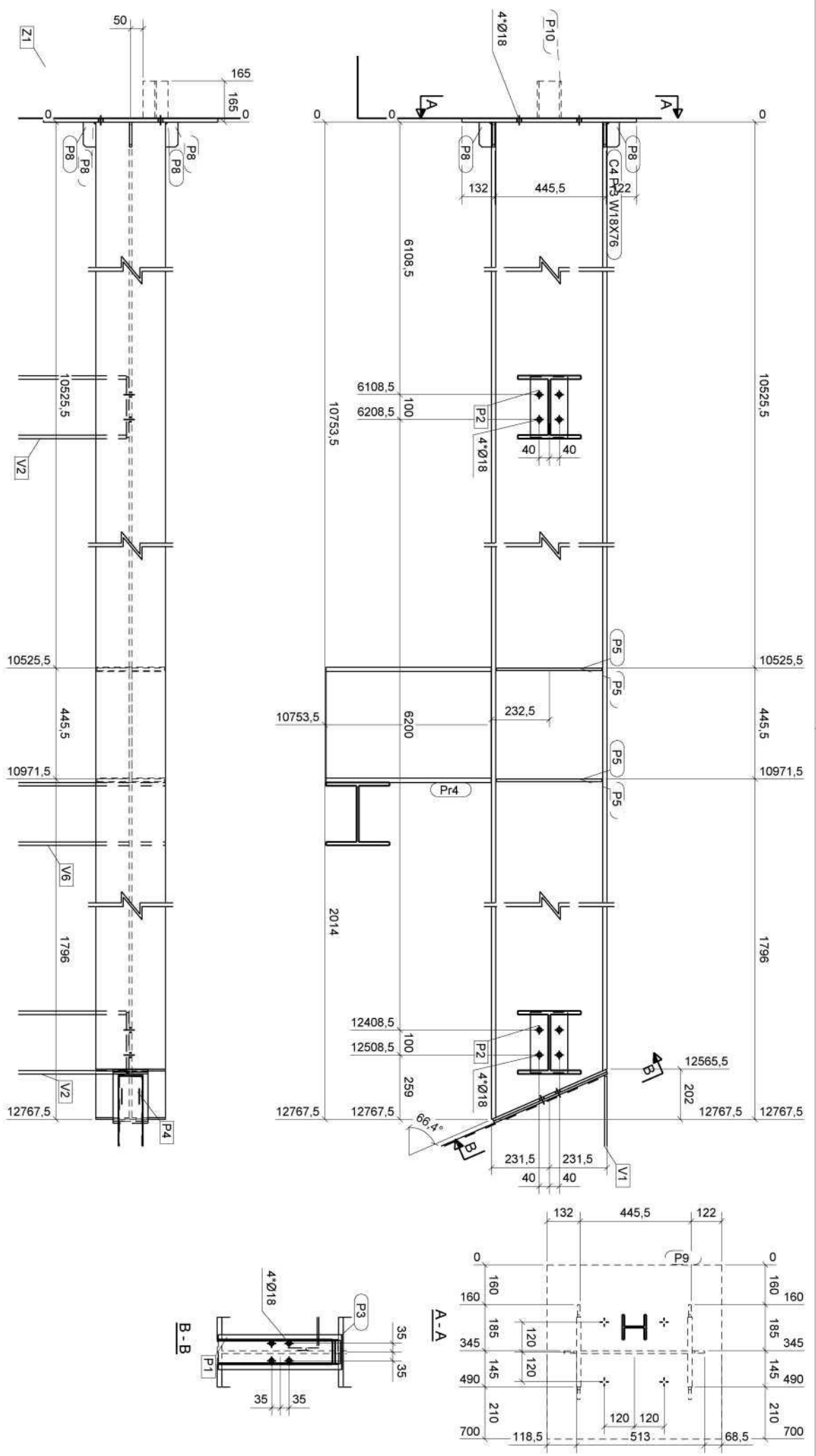
Numero: 1  
Long. (mm): 12940

PROYECTO	Techo Estructural
TITULO DIBUJO	CONJUNTO
CONSTRUCTORA	UCSM

DISEÑADOR	Vladimir Pineda
FECHA	04.11.2016
ESCALA	1:15

CLIENTE	Universidad de Ingeniería y Tecnología
PROYECTO	SOLADONQUE N. 1, SALVO INDICACION
PROTECCION	©

PROYECTO	Techo Estructural
DISEÑADOR	A.C.41
ESTADISTOR	A3



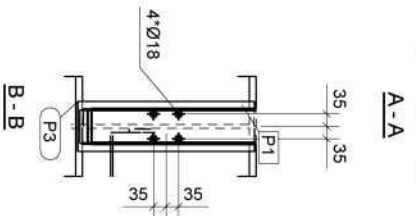
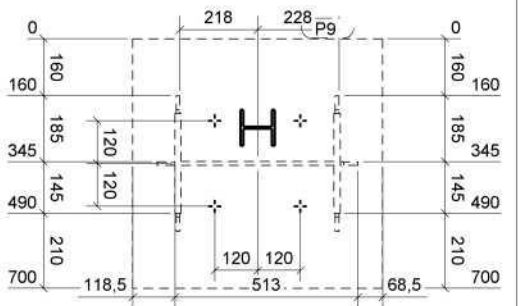
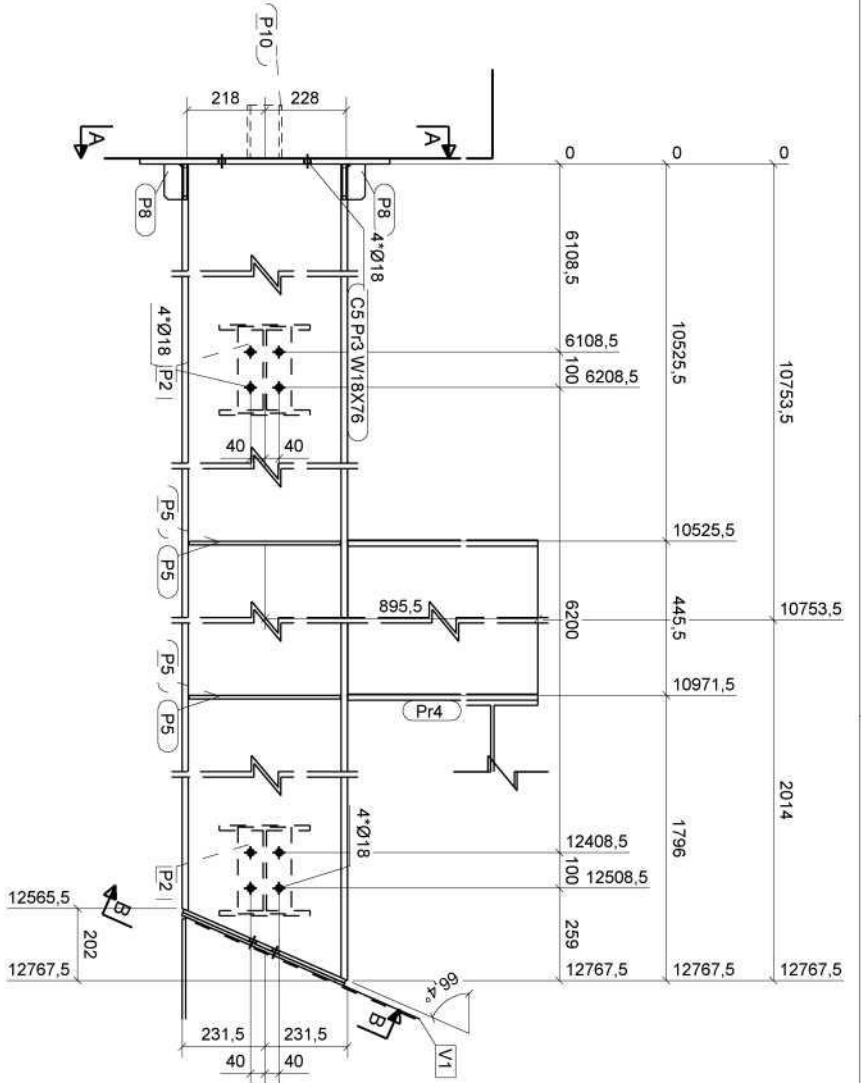
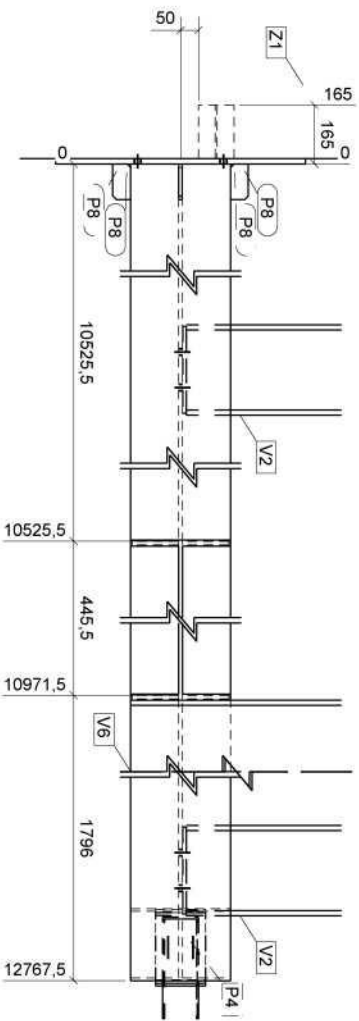
Parte	Perfil	Material	Numero	Long. (mm)	Peso (kg)
P3	PL10*140	S275JR	1	495	5,4
P5	PL10*130	S275JR	4	424	17,3
P8	PL10*50	S275JR	6	100	2,3
P9	PL15*700	S275JR	1	700	57,7
P10	HEA100	S275JR	1	150	2,5
P13	W18X76	A36	1	12767	1434,7
P14	W18X76	A36	1	683	74,5
Total por conjunto					1594,5

LISTA DE PARTES DE CONJUNTO

Conjunto: C5

Numero: 2

Long. (mm): 12940



PROYECTO	Techo Estructural
TITULO DEL DISEÑO	CONJUNTO
CONSTRUCTOR	UCSM

Diseñador	Valdir Pereira
Fecha	04.11.2016
Escala	1:15

PROYECTO	RESUMEN	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL	S275JR, SALVO INDICACION	SOLDADURAS	B. 1. SALVO INDICACION
CALIDAD TORNILLOS E.S.	SALVO INDICACION	PROTECCIONES	
PROYECTO	TECHOS	ESTADO	A3
PROYECTO	TECHOS	ESTADO	A3

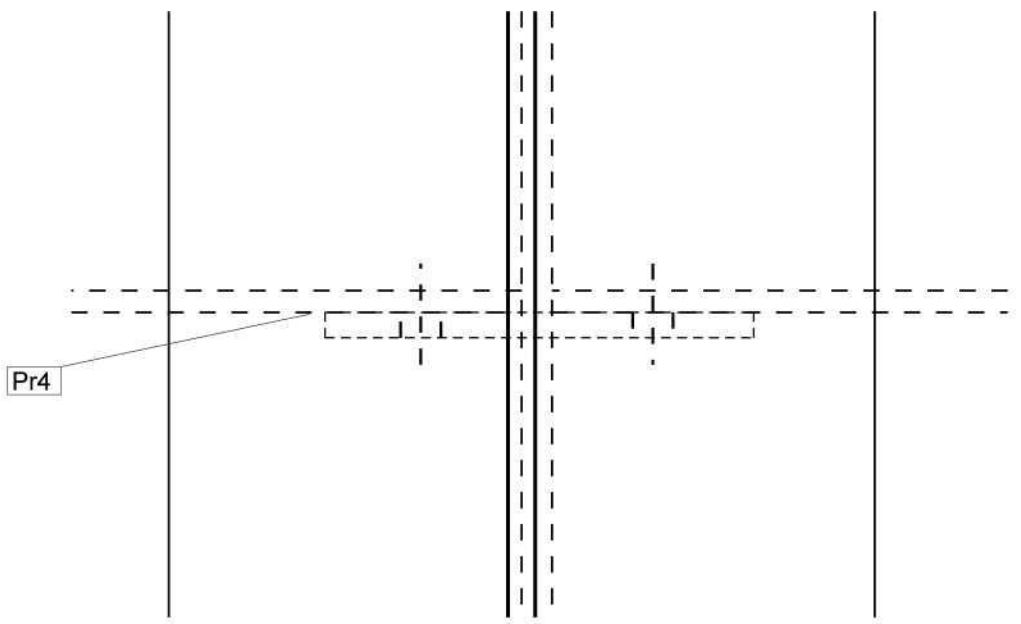
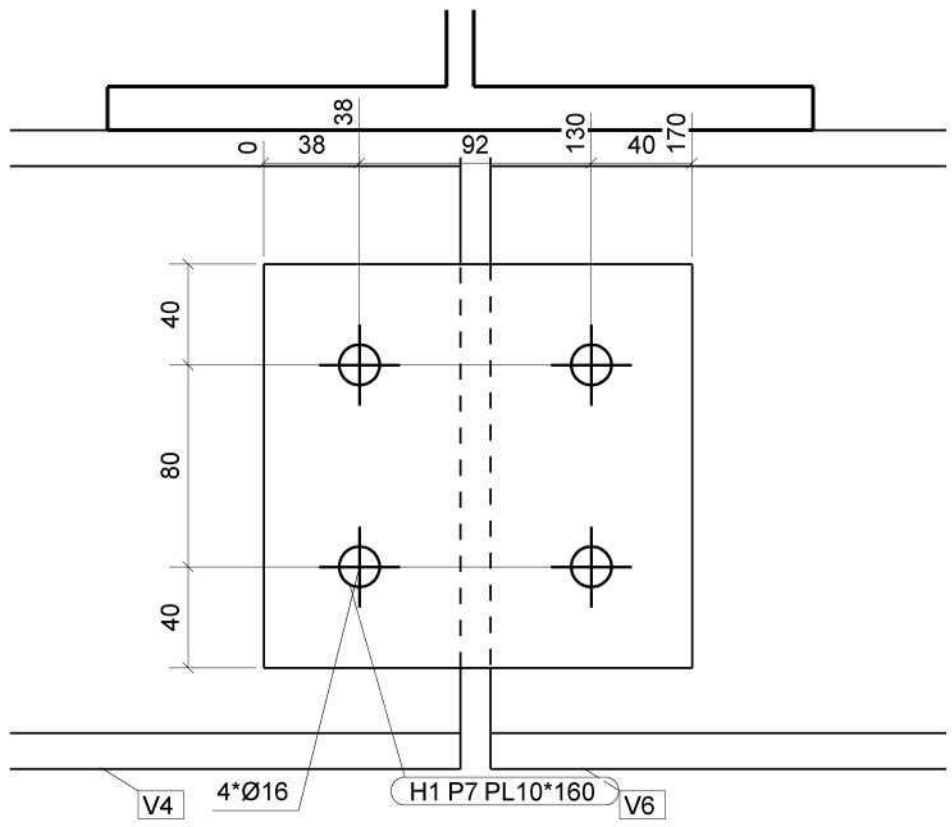


Universidad Católica de Santa María

Modelo Tekla Structures

Techo Estructural

ploteado el 05.01.2017



Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
--------	----------	-------------------------	----------------

<b>LISTA DE PARTES DE CONJUNTO</b>					
Conjunto: H1				Número: 4	
Acabado:				Long. (mm): 170	
Parte	Perfil	Material	Número	Long. (mm)	Peso (kg)
P7	PL10*160	A36	1	170	2.1
Total por conjunto					2.1

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>CONJUNTO</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: 1:3

POWERED BY  
**TEKLA**  
A TRIMBLE COMPANY

MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN  
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN

SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN  
PROYECCIÓN:

**Universidad Católica de Santa María**

PROYECTO: <b>Tesis</b>	
DIBUJO: <b>A [H.1]</b>	Tamaño: <b>A4</b>
ESTADO:	

**LISTA DE PARTES DE CONJUNTO**  
**Conjunto: C1**  
**Acabado:**

Parte	Perfil	Material	Numero	Long. (mm)	Peso (kg)
P3	PL10*140	S275JR	1	495	5,4
P5	S275JR	S275JR	4	424	17,3
P8	PL10*50	S275JR	6	100	2,3
P9	PL15*700	S275JR	1	700	57,7
P10	HEA100	S275JR	1	150	2,5
P11	W18X76	S275JR	1	12767	1434,7
P14	W18X76	A36	1	663	74,5
<b>Total por conjunto</b>					<b>1594,5</b>

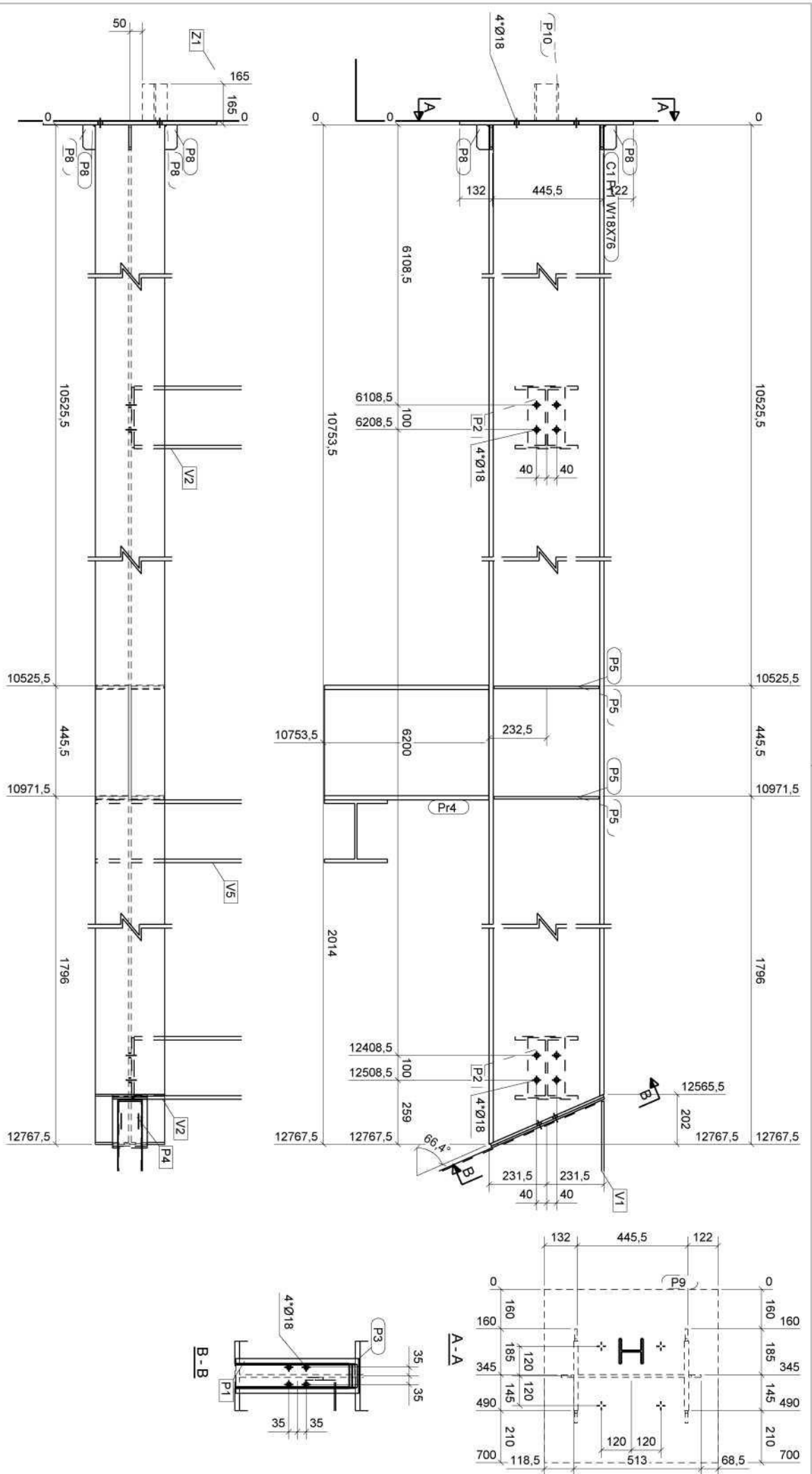
**Numero: 1**  
**Long. (mm): 12940**

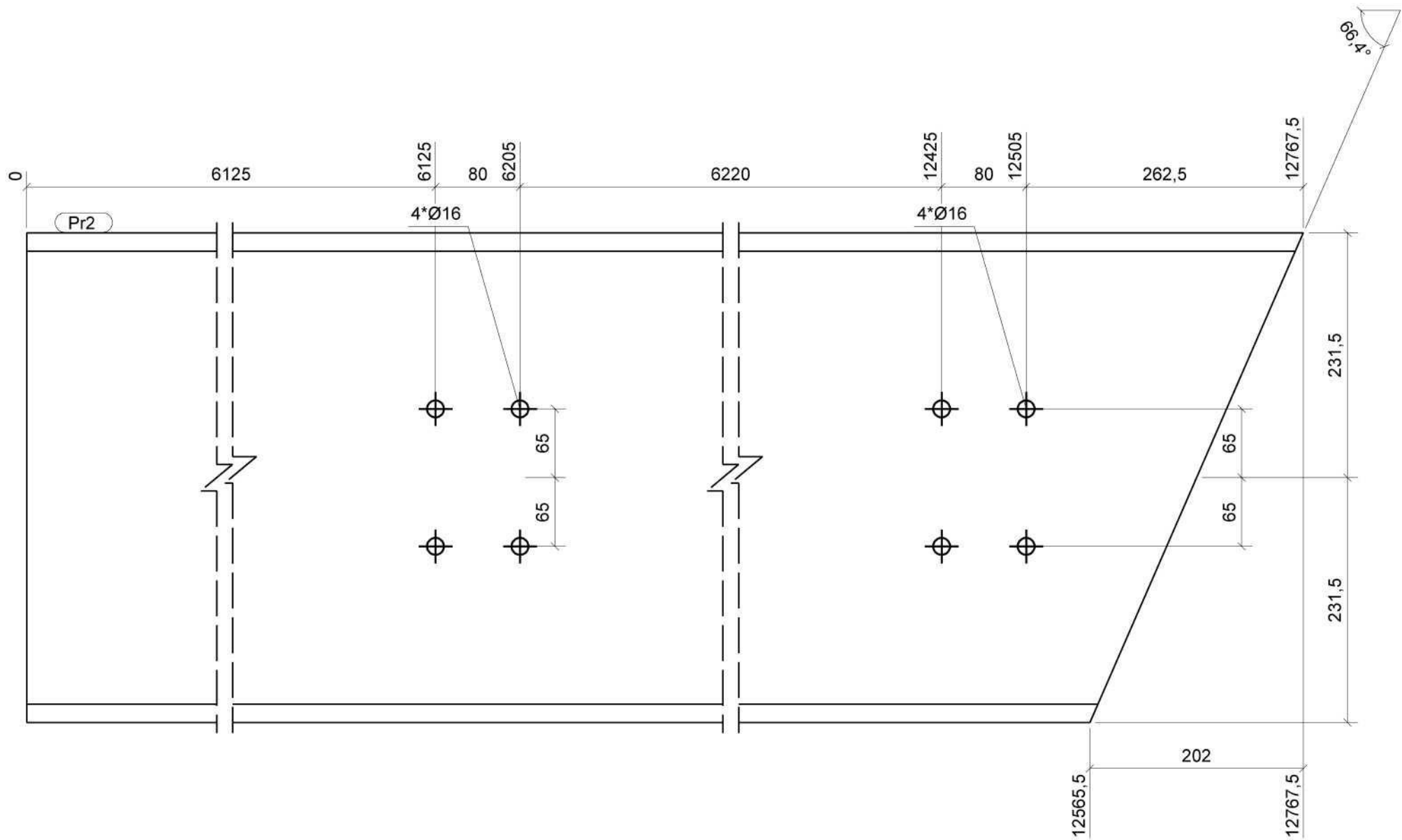
PROYECTO	Techo Estructural
TITULO DIBUJO	CONJUNTO
CONSTRUCTOR	UCSM

Diseñador	Victor Prieta
Fecha	04.11.2016
Escala	1:15

MATERIAL	S275JR, SALVO INDICACION
CALIDAD TORILLAS E.A.	SALVO INDICACION

PROYECTOS	TERRAS
ESTADO	A.C.11
ESTADIOS	A3





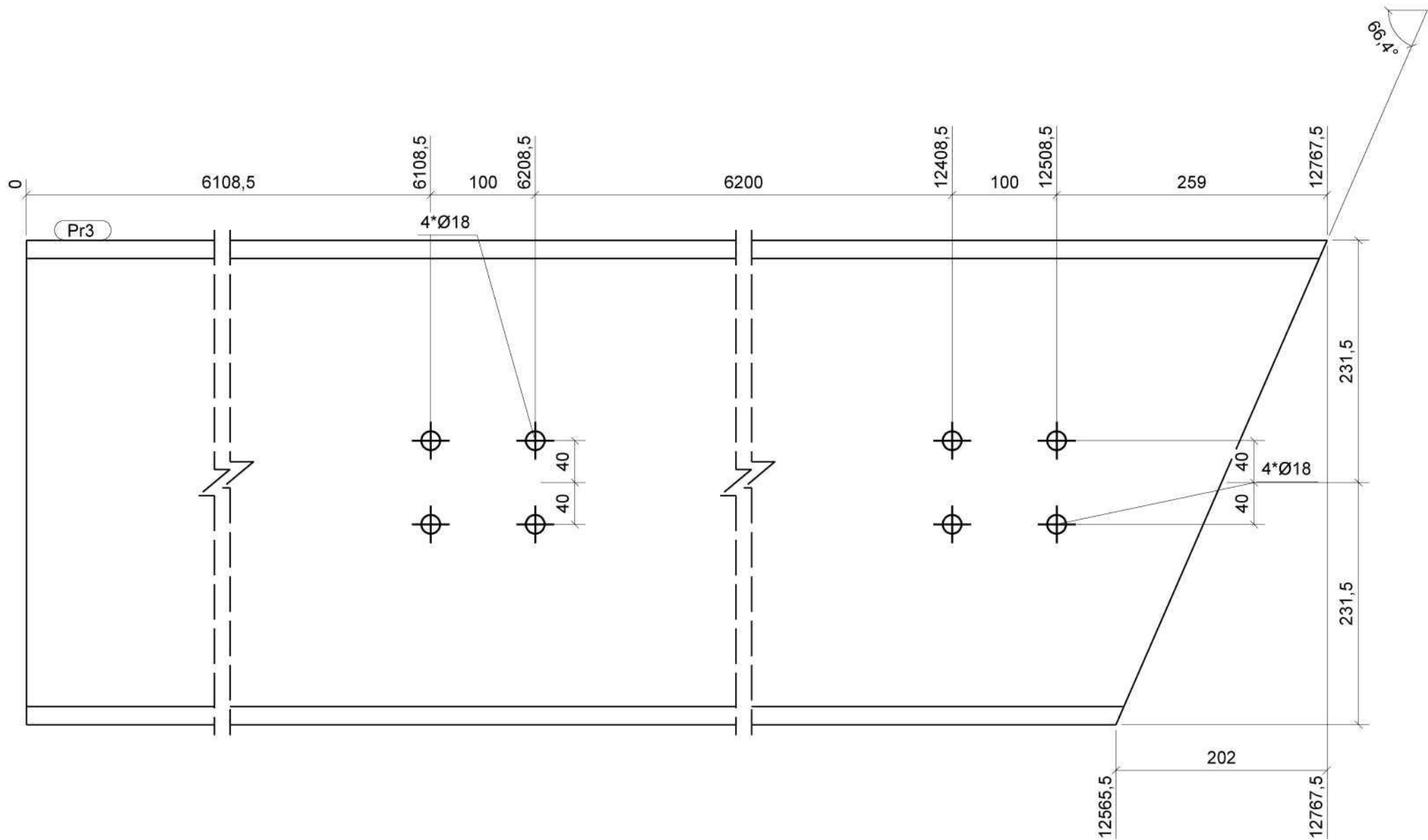
Tekla structures

Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
Pr2	W18X76	12767	2	C2
Pr2	W18X76	12767	2	C3
Número total:			4	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: 1:5

POWERED BY <b>TEKLA</b> A TRIMBLE COMPANY
---

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
PROYECTO: <b>Tesis</b>			Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>W [Pr.2]</b>			ESTADO:



Tekla structures

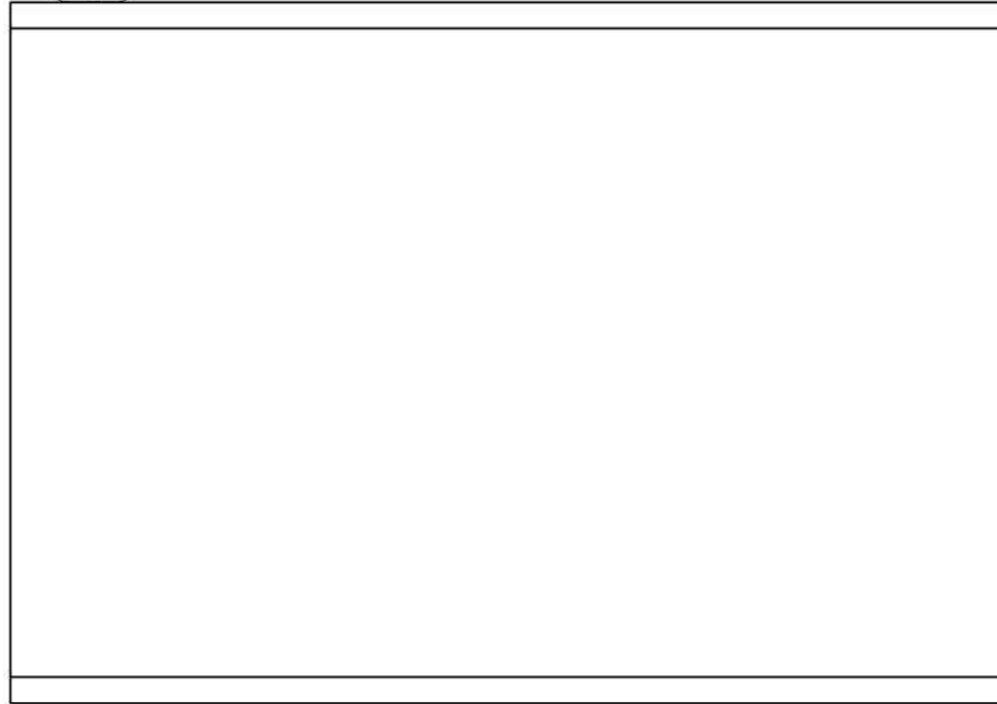
Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
Pr3	W18X76	12767	1	C4
Pr3	W18X76	12767	2	C5
		Número total:	3	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: 1:5

MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN:

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
<b>PROYECTO:</b> Tesis			<b>Tamaño:</b> A4
<b>DIBUJO:</b> W [Pr.3]			<b>ESTADO:</b>

Pr4



Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
Pr4	W18X76	663	1	C1
Pr4	W18X76	663	2	C2
Pr4	W18X76	663	2	C3
Pr4	W18X76	663	1	C4
Pr4	W18X76	663	2	C5
Número total:			8	

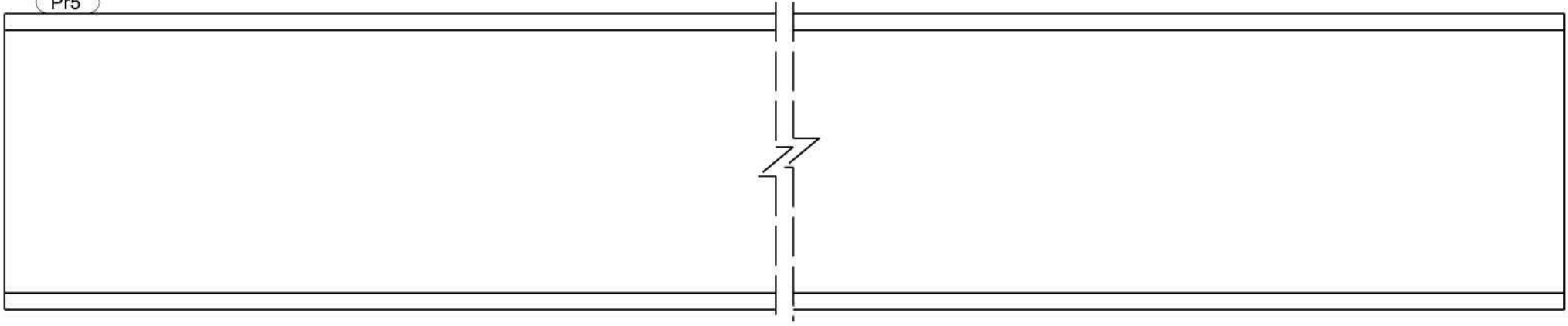
PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:5



Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
PROYECTO: <b>Tesis</b>			Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>W [Pr.4]</b>			ESTADO:

Pr5



Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
Pr5	W10X49	4828	8	V2
		Número total:	8	

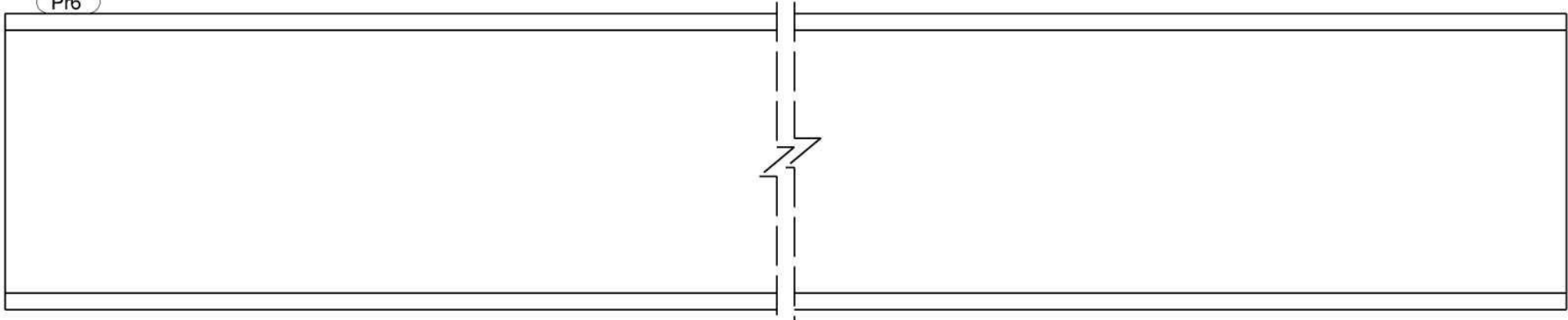
PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:5

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
<b>Universidad Católica de Santa María</b>			PROYECTO: <b>Tesis</b>
DIBUJO: <b>W [Pr.5]</b>			Tamaño: <b>A4</b>
ESTADO:			



Pr6



Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
Pr6	W10X49	4969	4	V3
		Número total:	4	

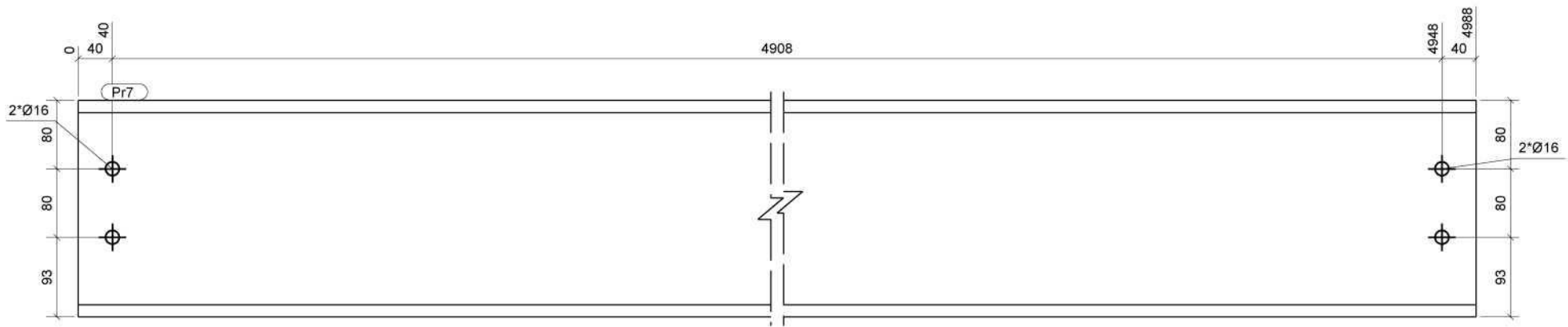
PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:5

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
--------	----------	-------------------------	----------------

MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN:
PROYECTO: <b>Tesis</b> DIBUJO: <b>W [Pr.6]</b> ESTADO:	
Tamaño: <b>A4</b>	

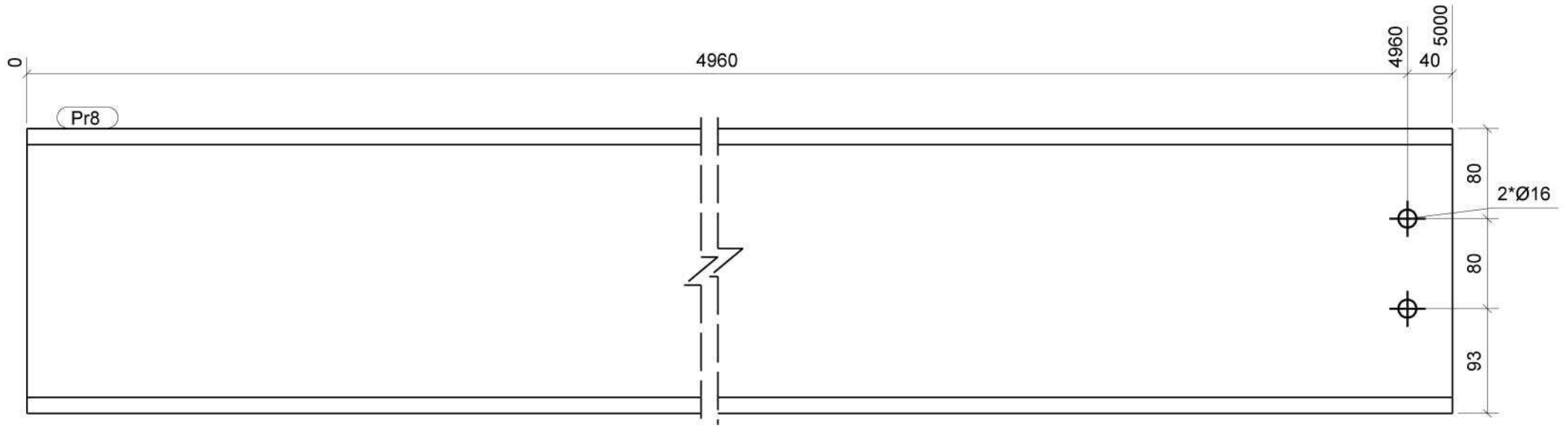




Tekla structures

Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
Pr7	W10X49	4988	2	V4
Número total:			2	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda	MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
TÍTULO DEL DIBUJO: <b>PARTE</b>	Fecha: 04/11/2016	CALIDAD TORNILLOS: B 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN:
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: 1:5		
		DIBUJO: <b>W (Pr.7)</b>	Tamaño: <b>A3</b>
		ESTADO:	

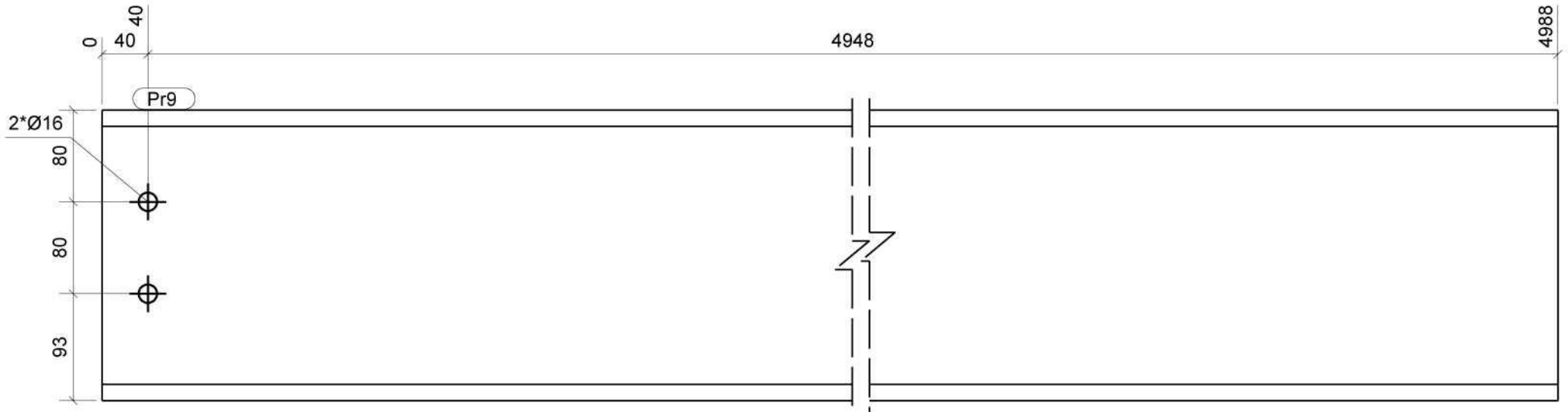


Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
Pr8	W10X49	5000	2	V5
Número total:			2	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: 1:5

POWERED BY  
**TEKLA**  
A TRIMBLE COMPANY

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
PROYECTO: <b>Tesis</b>			Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>W [Pr.8]</b>			ESTADO:

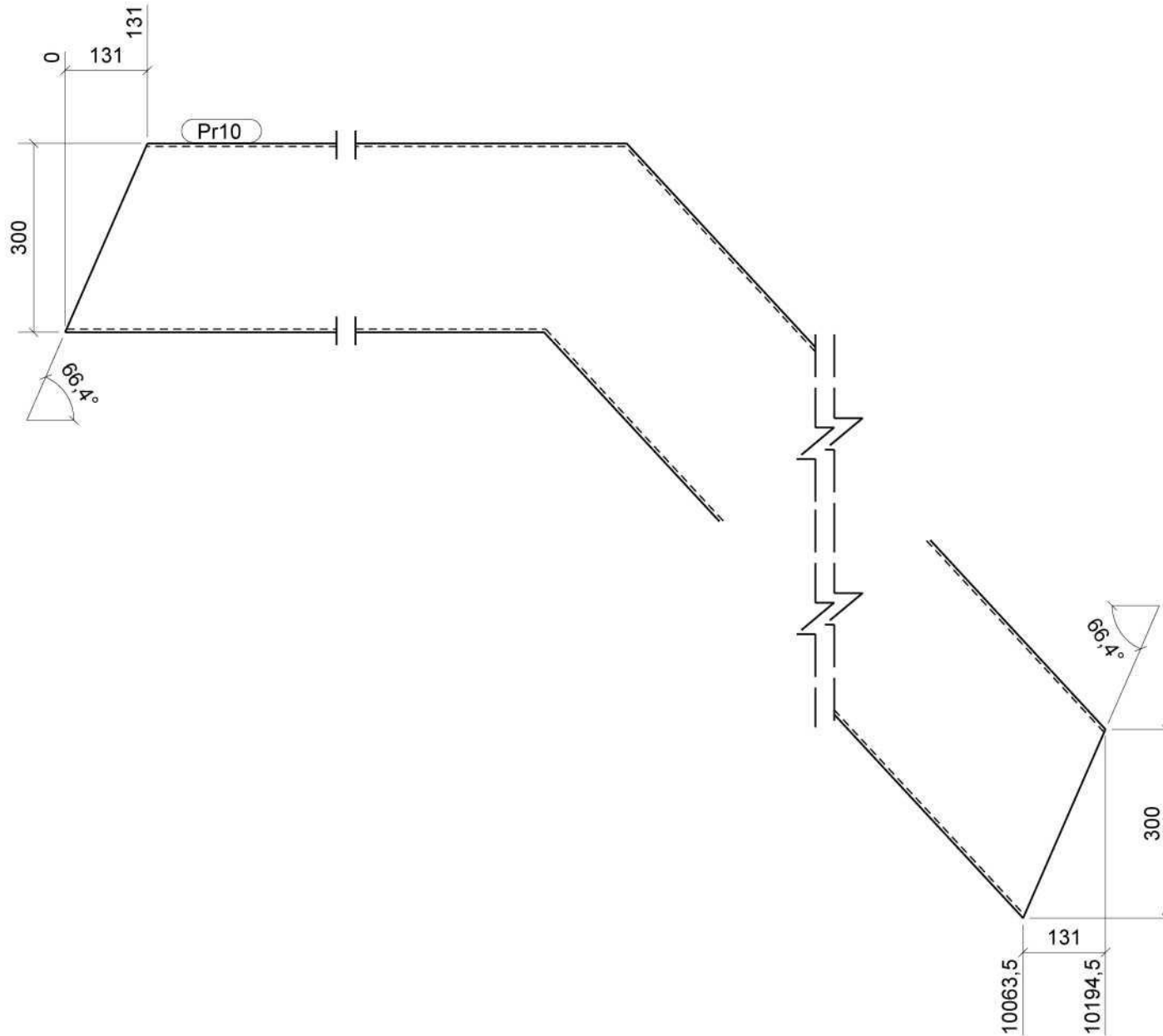


Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
Pr9	W10X49	4988	2	V6
Número total:			2	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: 1:5

POWERED BY <b>TEKLA</b> A TRIMBLE COMPANY
---

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN:
<b>Universidad Católica de Santa María</b>			PROYECTO: <b>Tesis</b> DIBUJO: W [Pr.9]
			Tamaño: <b>A4</b>
			ESTADO:



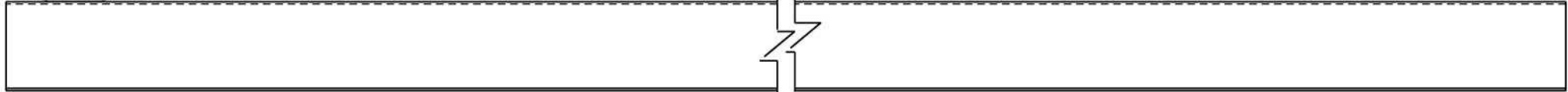
Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
Pr10	CJ30.0X10.0X29	12111	4	V1
Número total:			4	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: 1:10

POWERED BY <b>TEKLA</b> A TRÜBACH COMPANY
---

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN	
PROYECTO: <b>Tesis</b>			Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>W [Pr.10]</b>			ESTADO:

Pr11



Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
Pr11	Z76*50*2	14820	10	V7
Número total:			10	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

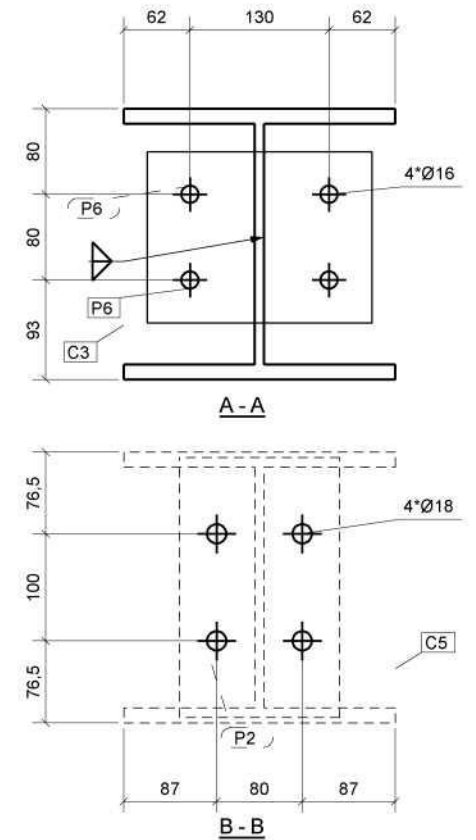
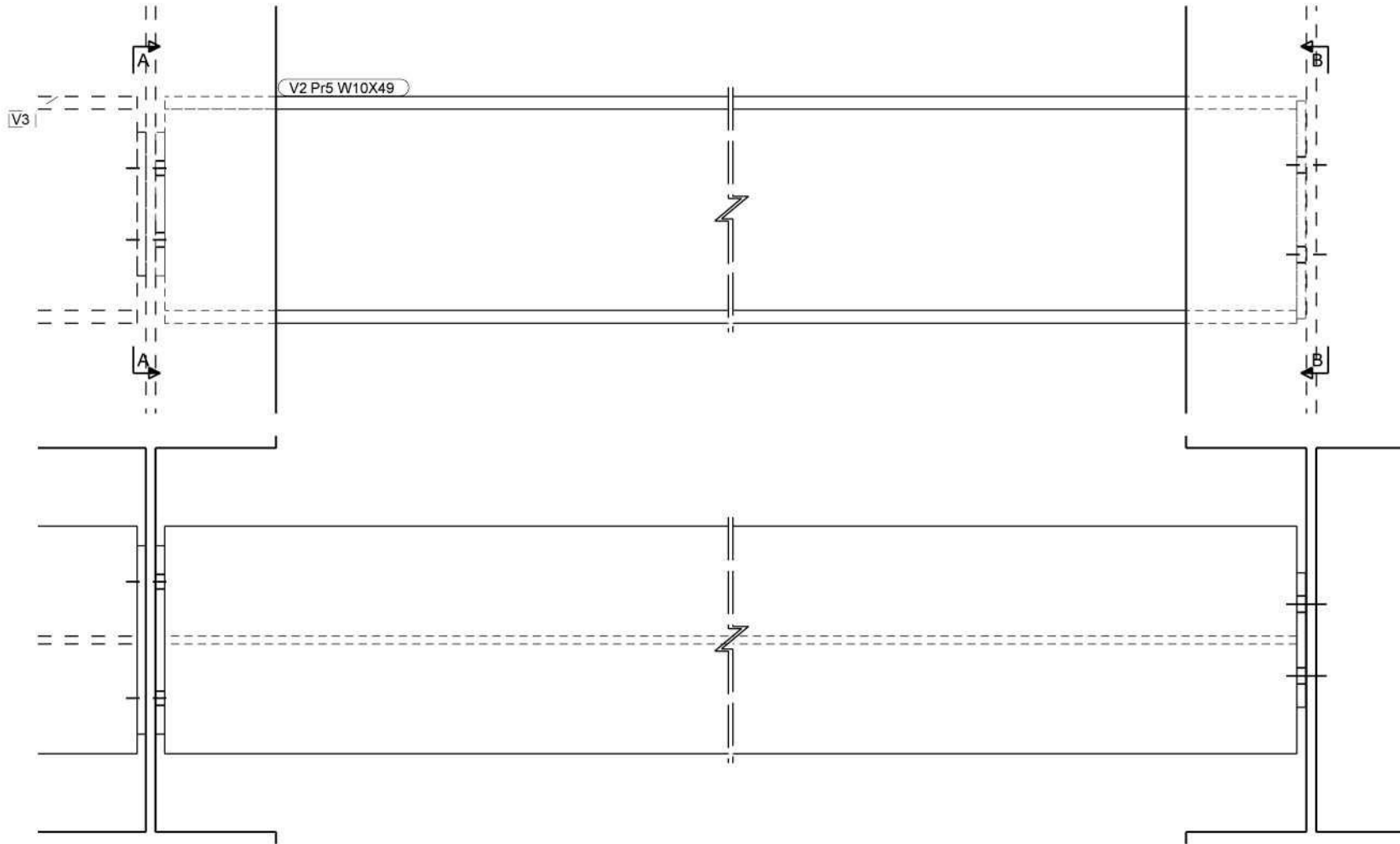
Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:5

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
--------	----------	-------------------------	----------------

MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN:



PROYECTO: <b>Tesis</b>	Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>W [Pr.11]</b>	
ESTADO:	



**LISTA DE PARTES DE CONJUNTO**

Conjunto: V2		Número: 8			
Acabado:		Long. (mm): 4848			
Parte	Perfil	Material	Número	Long. (mm)	Peso (kg)
P2	PL10*150	S275JR	1	243	2.9
P6	PL10*210	A36	1	160	2.6
Pr5	W10X49	A36	1	4828	352.4
Total por conjunto					357.9

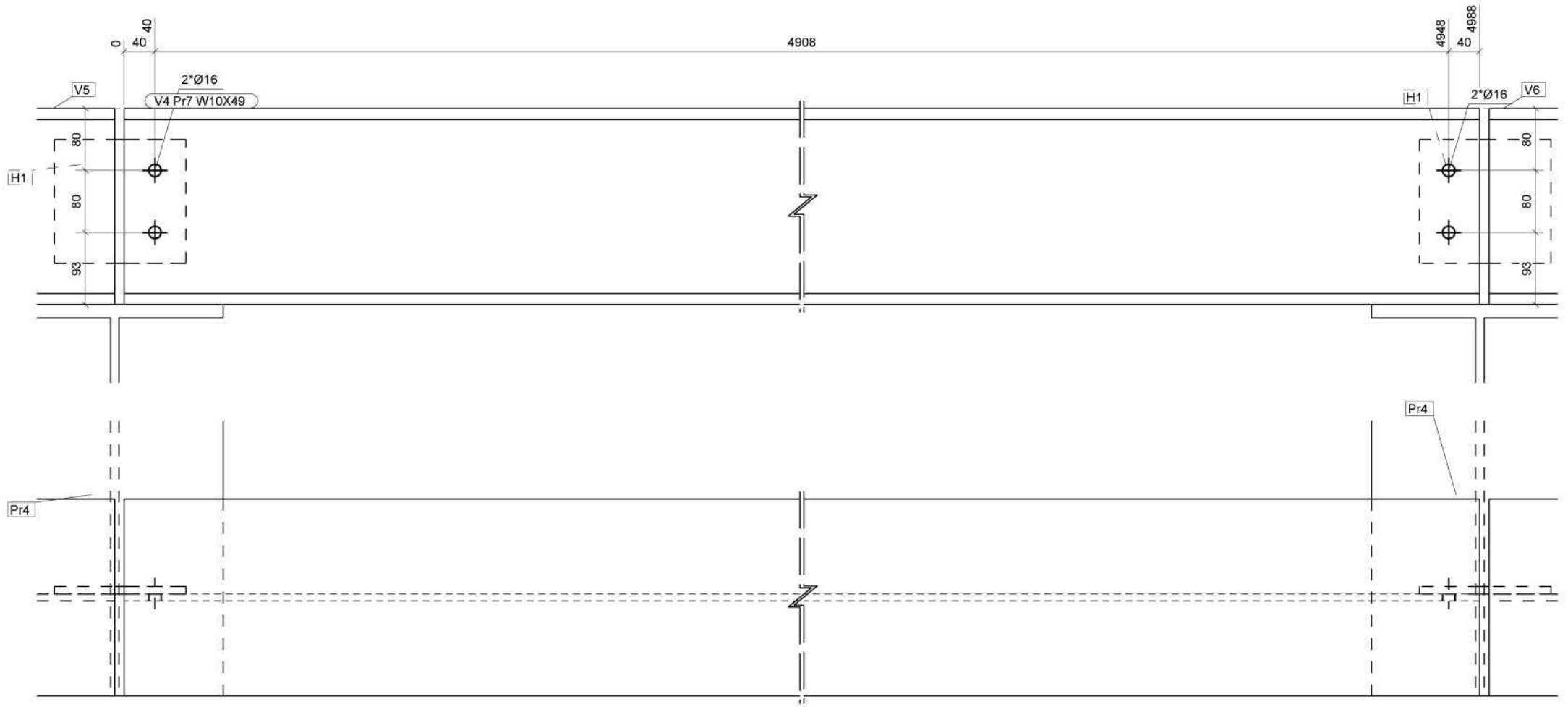
PROYECTO: Techo Estructural	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: CONJUNTO	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: UCSM	Escala: 1:5



Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	
		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	
		PROYECCIÓN:	
PROYECTO: Tesis		Formato: A3	
DIBUJO: A [V.2]		ESTADO:	







LISTA DE PARTES DE CONJUNTO

Conjunto: V4

Número: 2

Acabado:

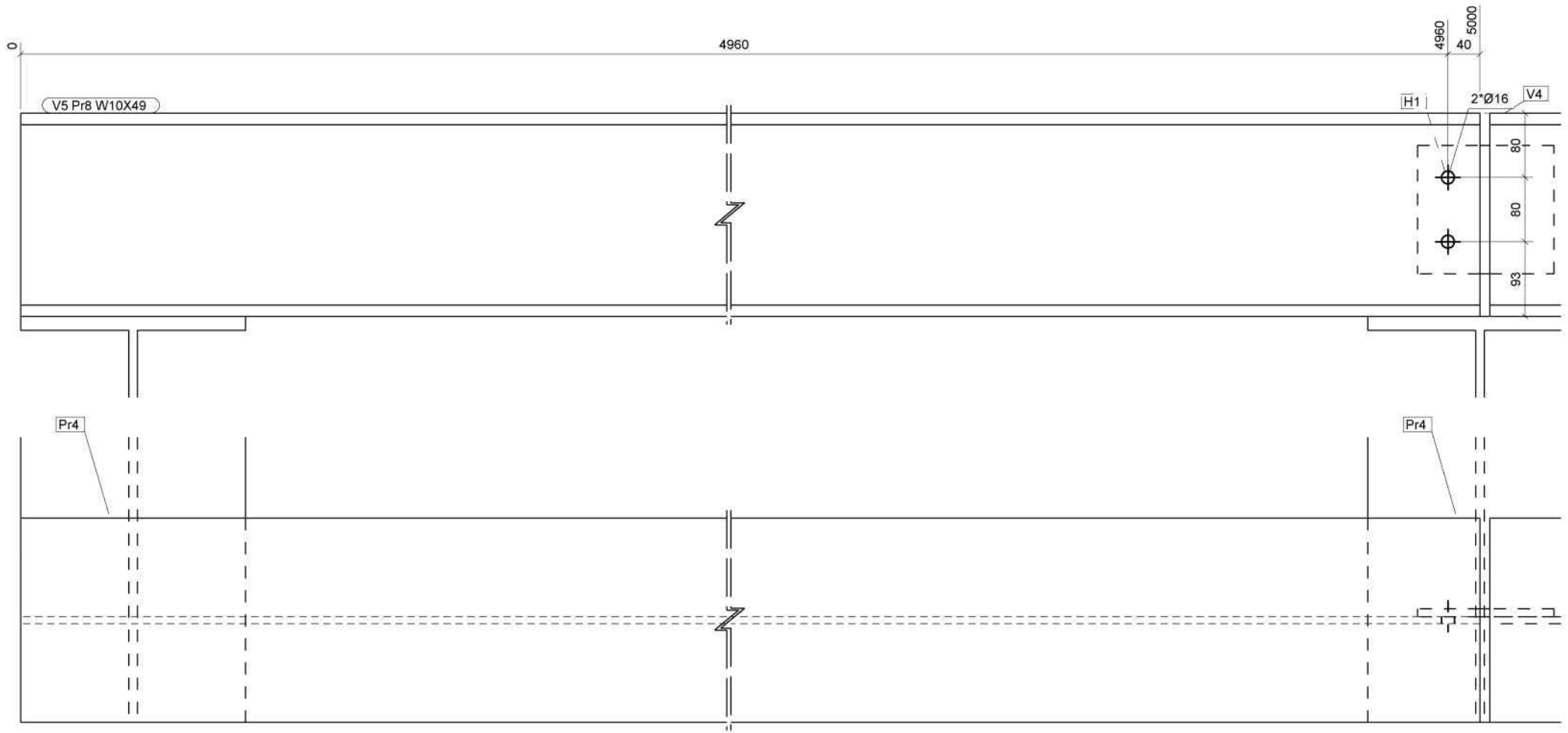
Long. (mm): 4988

Parte	Perfil	Material	Número	Long. (mm)	Peso (kg)
Pr7	W10X49	A36	1	4988	364.1
Total por conjunto					364.1

PROYECTO: Techo Estructural	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: CONJUNTO	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: UCSM	Escala: 1:5

POWERED BY <b>TEKLA</b> STRUCTURES
--

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	
		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	
		PROYECCIÓN: ☉ ☒	
PROYECTO: Tesis			Tamaño:
DIBUJO: A [V.4]			A3
ESTADO:			




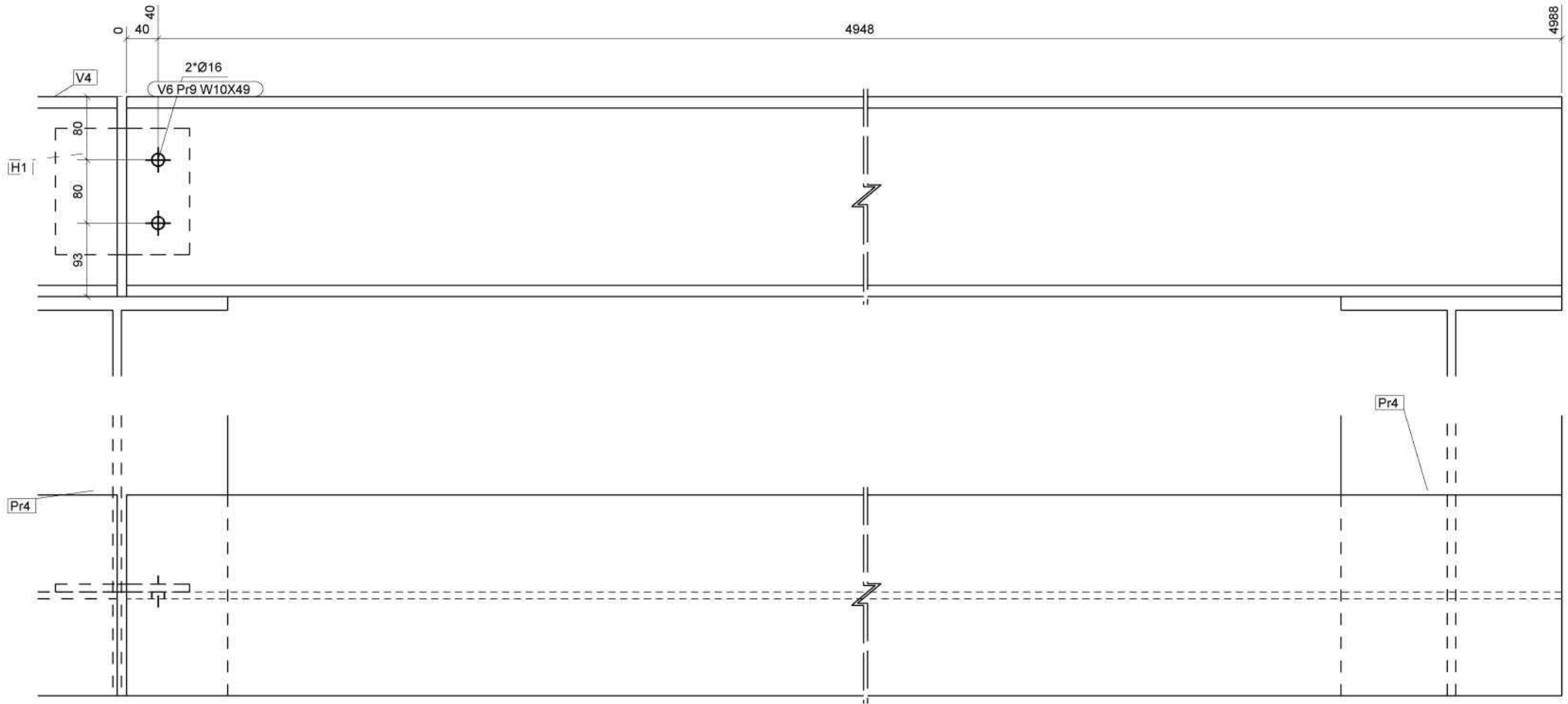
**LISTA DE PARTES DE CONJUNTO**

Conjunto: V5		Número: 2			
Acabado:		Long. (mm): 5000			
Parte	Perfil	Material	Número	Long. (mm)	Peso (kg)
Pr8	W10X49	A36	1	5000	365.0
Total por conjunto					365.0

PROYECTO: Techo Estructural	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: CONJUNTO	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: UCSM	Escala: 1:5



Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN: <input checked="" type="checkbox"/> E
 Universidad Católica de Santa María		PROYECTO: Tesis	Tamaño: A3
		DIBUJO: A [V.5]	ESTADO:



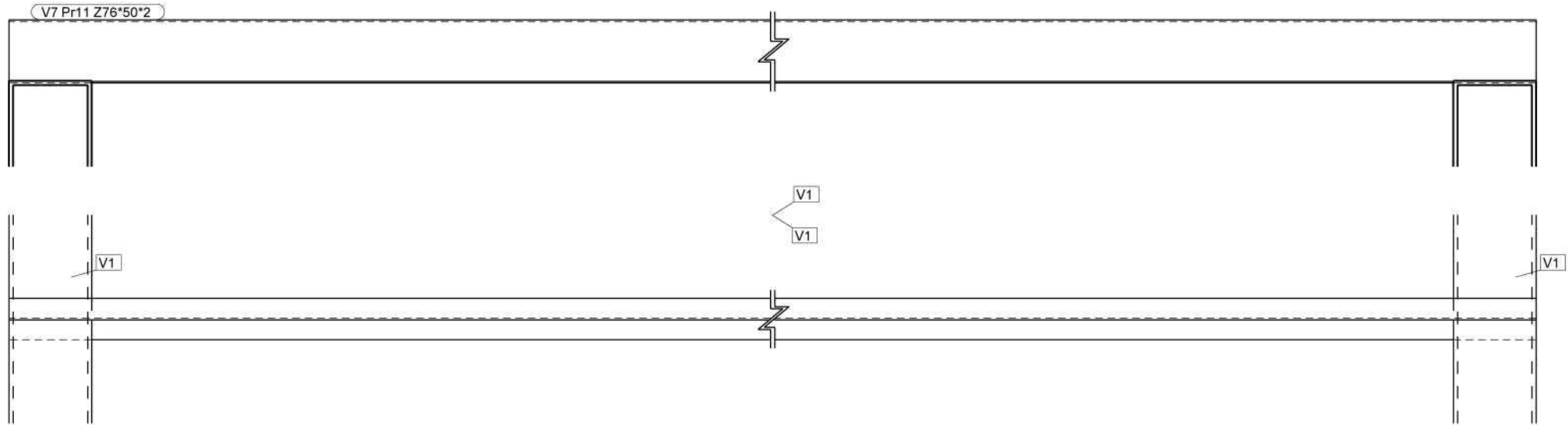
**LISTA DE PARTES DE CONJUNTO**

Conjunto: V6		Número: 2			
Acabado:		Long. (mm): 4988			
Parte	Perfil	Material	Número	Long. (mm)	Peso (kg)
Pr9	W10X49	A36	1	4988	364.1
Total por conjunto					364.1

PROYECTO: Techo Estructural	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: CONJUNTO	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: UCSM	Escala: 1:5

POWERED BY <b>TEKLA</b> STRUCTURES
--

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN		
CAUDAL TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN: ☉		
 Universidad Católica de Santa María		PROYECTO: Tesis	Tamaño: A3
		DIBUJO: A: [V.6]	ESTADO:



**LISTA DE PARTES DE CONJUNTO**

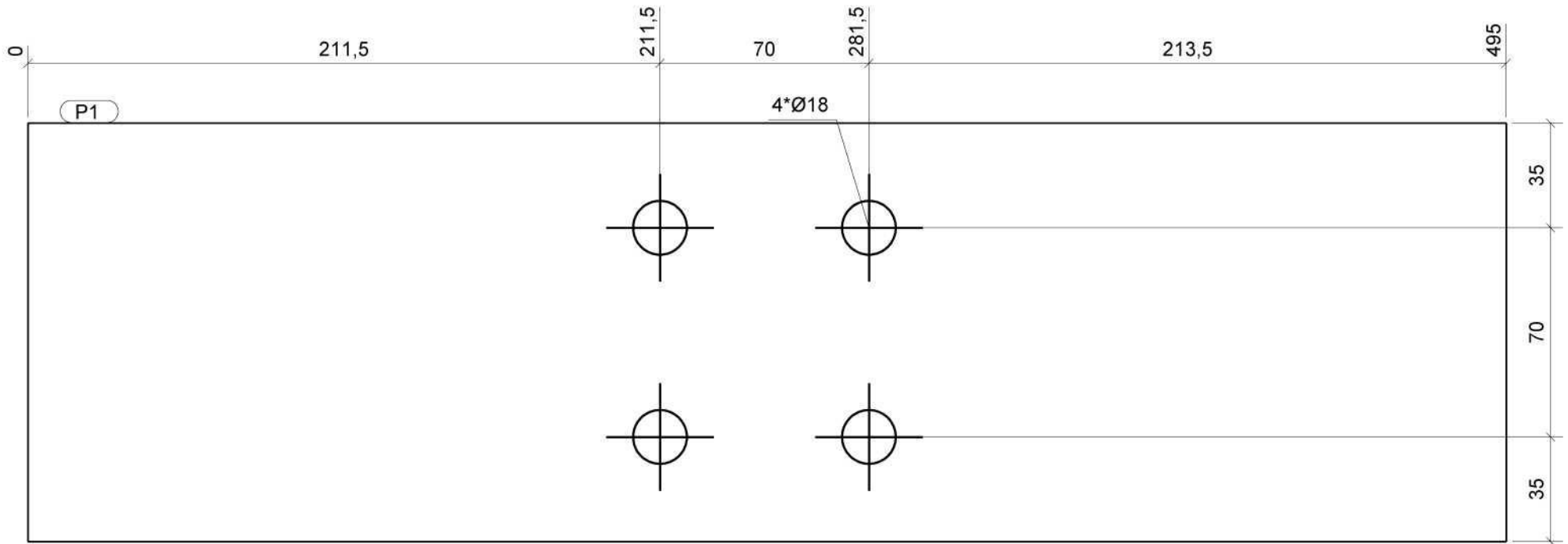
Parte	Perfil	Material	Número	Long. (mm)	Peso (kg)
Pr11	Z76*50*2	A36	1	14820	28.9
Total por conjunto					28.9

Número: 10  
Long. (mm): 14820

PROYECTO: Techo Estructural	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: CONJUNTO	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: UCSM	Escala: 1:5



Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN:
Universidad Católica de Santa María			PROYECTO: Tesis DIBUJO: A [V.7] ESTADO:
			Tamaño: A3



Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
P1	PL8*140	495	8	V1
Número total:			8	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

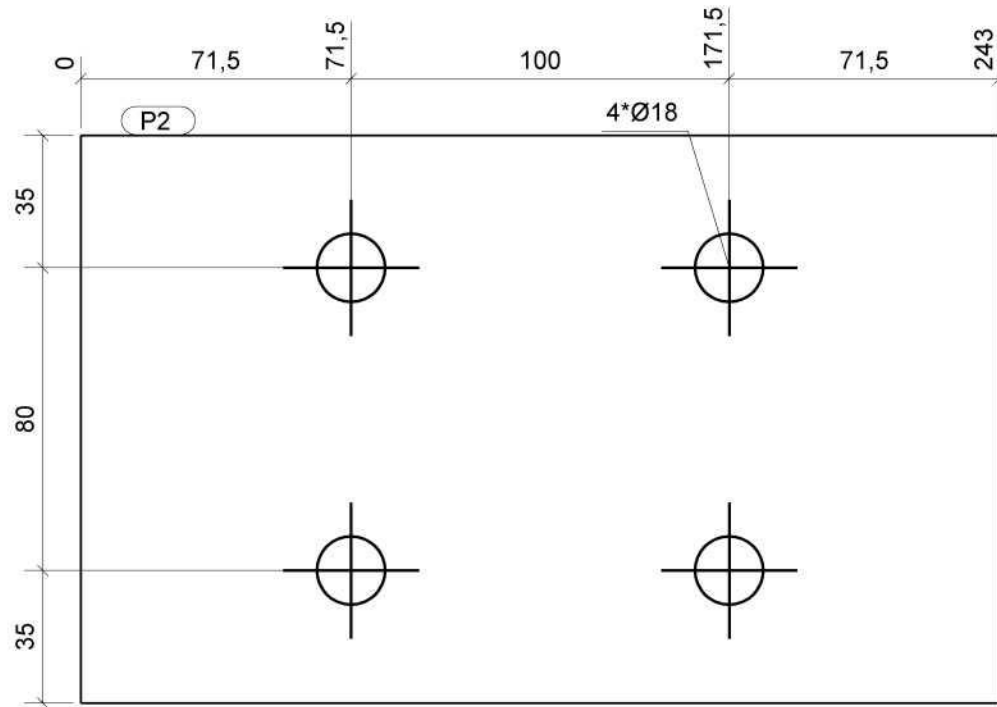
Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:2

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión

MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN:


**Universidad Católica de Santa María**

PROYECTO: <b>Tesis</b>	Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>W [P.1]</b>	
ESTADO:	

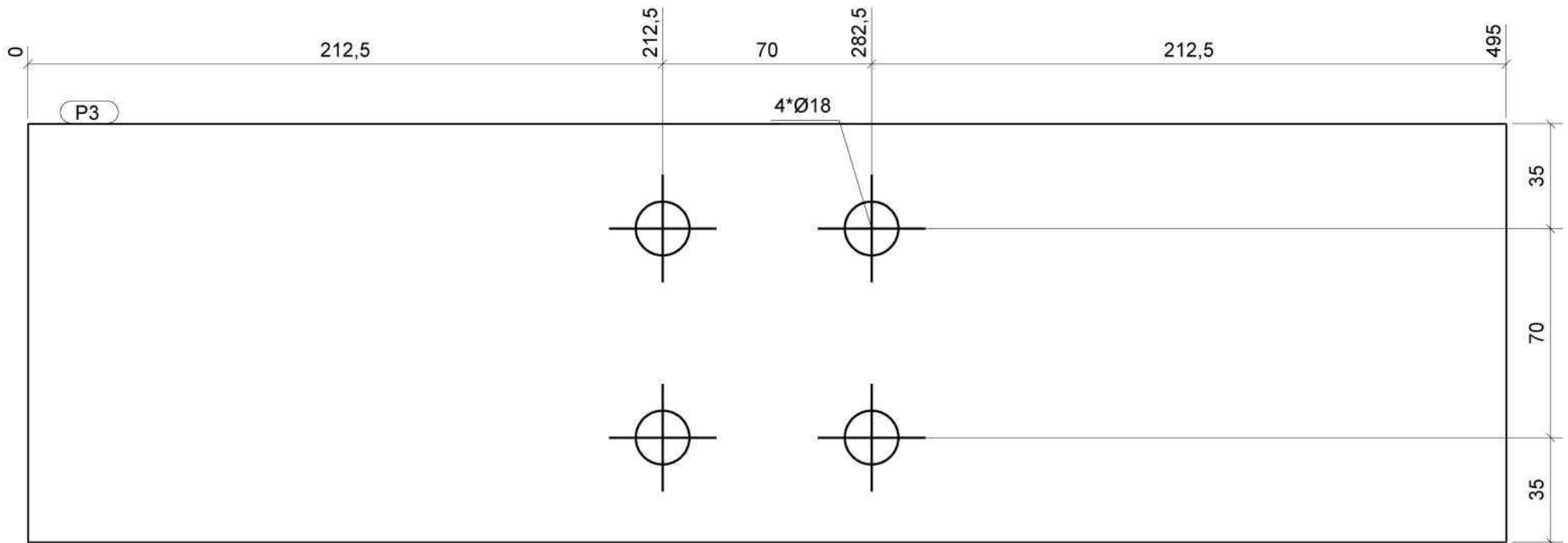


Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
P2	PL10*150	243	8	V2
Número total:			8	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: 1:2

POWERED BY <b>TEKLA</b> A TRUSS COMPANY
---

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
PROYECTO: <b>Tesis</b>			Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>W [P.2]</b>			ESTADO:



Tekla structures

Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
P3	PL10*140	495	1	C1
P3	PL10*140	495	2	C2
P3	PL10*140	495	2	C3
P3	PL10*140	495	1	C4
P3	PL10*140	495	2	C5
Número total:			8	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

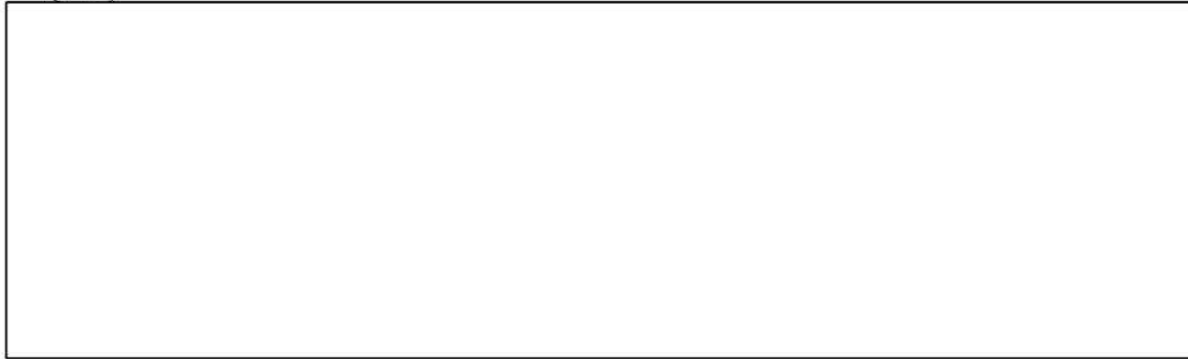
Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:2

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión

MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN:
PROYECTO: <b>Tesis</b> DIBUJO: <b>W [P.3]</b> Tamaño: <b>A4</b> ESTADO:	



P4



Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
P4	PL10*94	317	8	V1
Número total:			8	

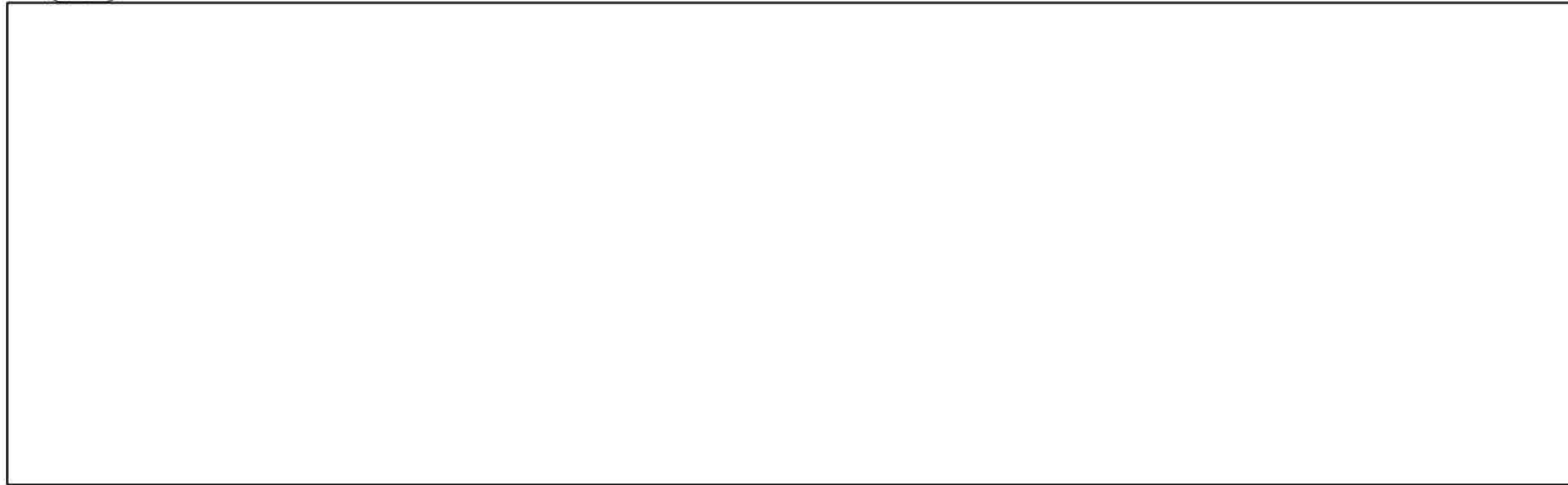
PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:2



Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN:
<b>Universidad Católica de Santa María</b>			PROYECTO: <b>Tesis</b>
DIBUJO: <b>W [P.4]</b>		Tamaño: <b>A4</b>	
ESTADO:			

P5



Tekla structures

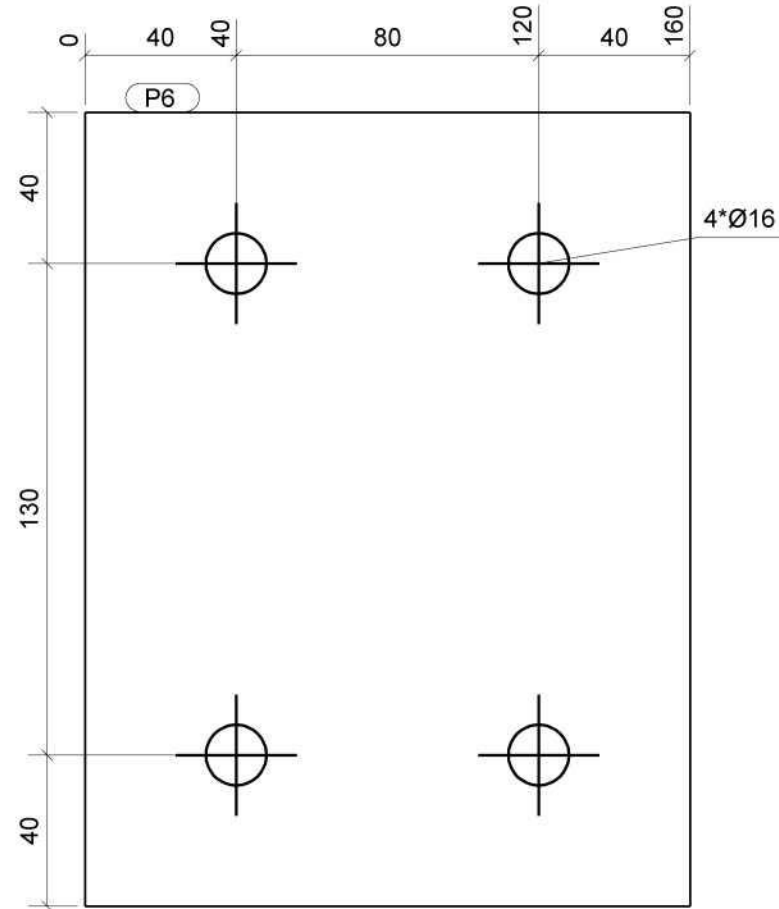
Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
P5	PL10*130	424	4	C1
P5	PL10*130	424	8	C2
P5	PL10*130	424	8	C3
P5	PL10*130	424	4	C4
P5	PL10*130	424	8	C5
Número total:			32	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:2

Nº rev	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
<b>Universidad Católica de Santa María</b>			PROYECTO: <b>Tesis</b> DIBUJO: W [P.5]
			Tamaño: <b>A4</b>
ESTADO:			





Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
P6	PL10*210	160	8	V2
P6	PL10*210	160	8	V3
		Número total:	16	

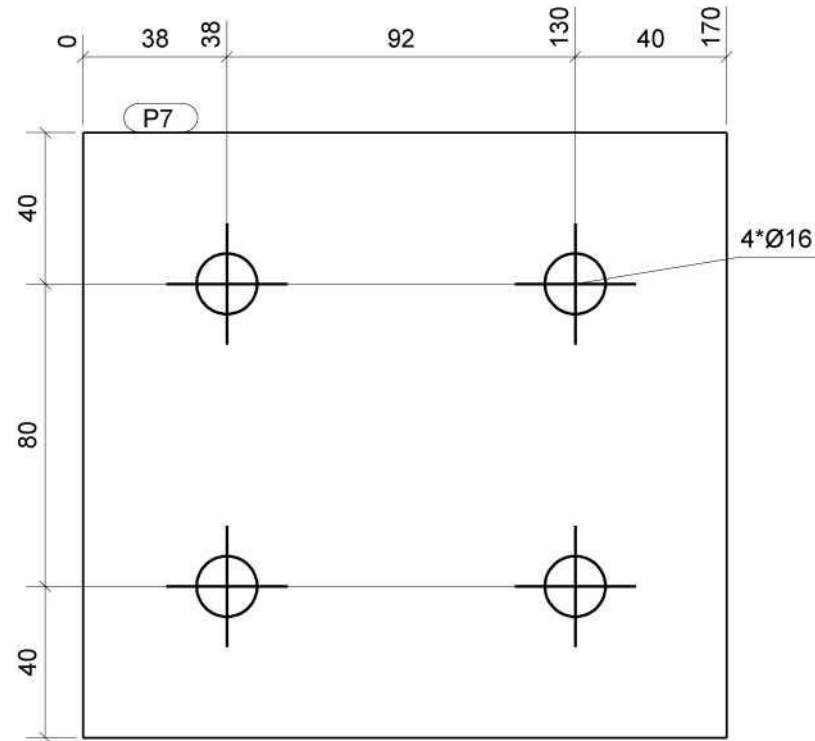
PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: 1:2



Nº rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
PROYECTO: <b>Tesis</b>			Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>W [P.6]</b>			ESTADO:



Universidad Católica de Santa María

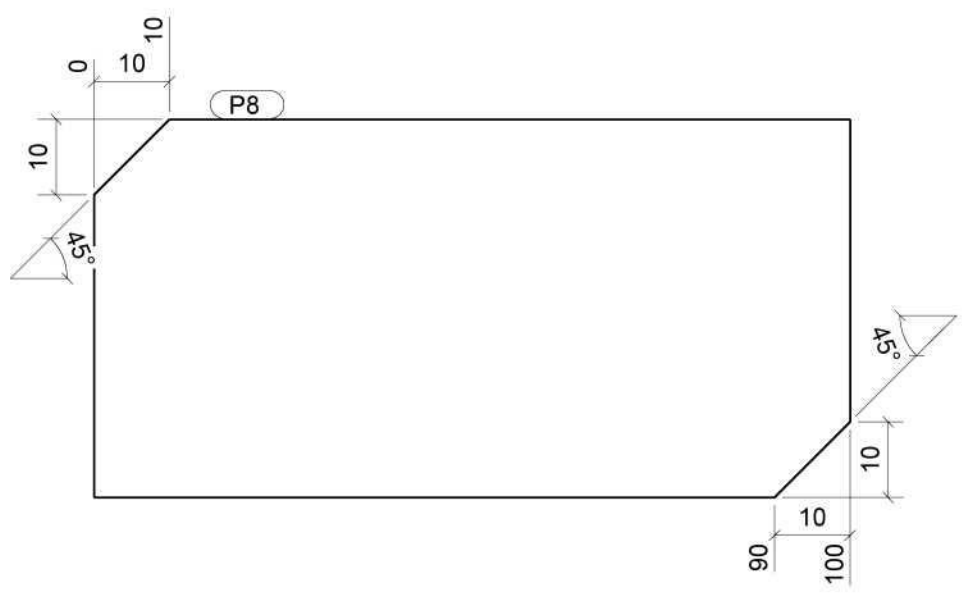


Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
P7	PL10*160	170	4	H1
		Número total:	4	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>	Diseñador: Victor Pineda
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>	Fecha: 04.11.2016
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>	Escala: 1:2



Nº rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8; SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
PROYECTO: <b>Tesis</b>			
DIBUJO: <b>W [P.7]</b>			Tamaño: <b>A4</b>
ESTADO:			



Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
P8	PL10*50	100	6	C1
P8	PL10*50	100	12	C2
P8	PL10*50	100	12	C3
P8	PL10*50	100	6	C4
P8	PL10*50	100	12	C5
Número total:			48	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

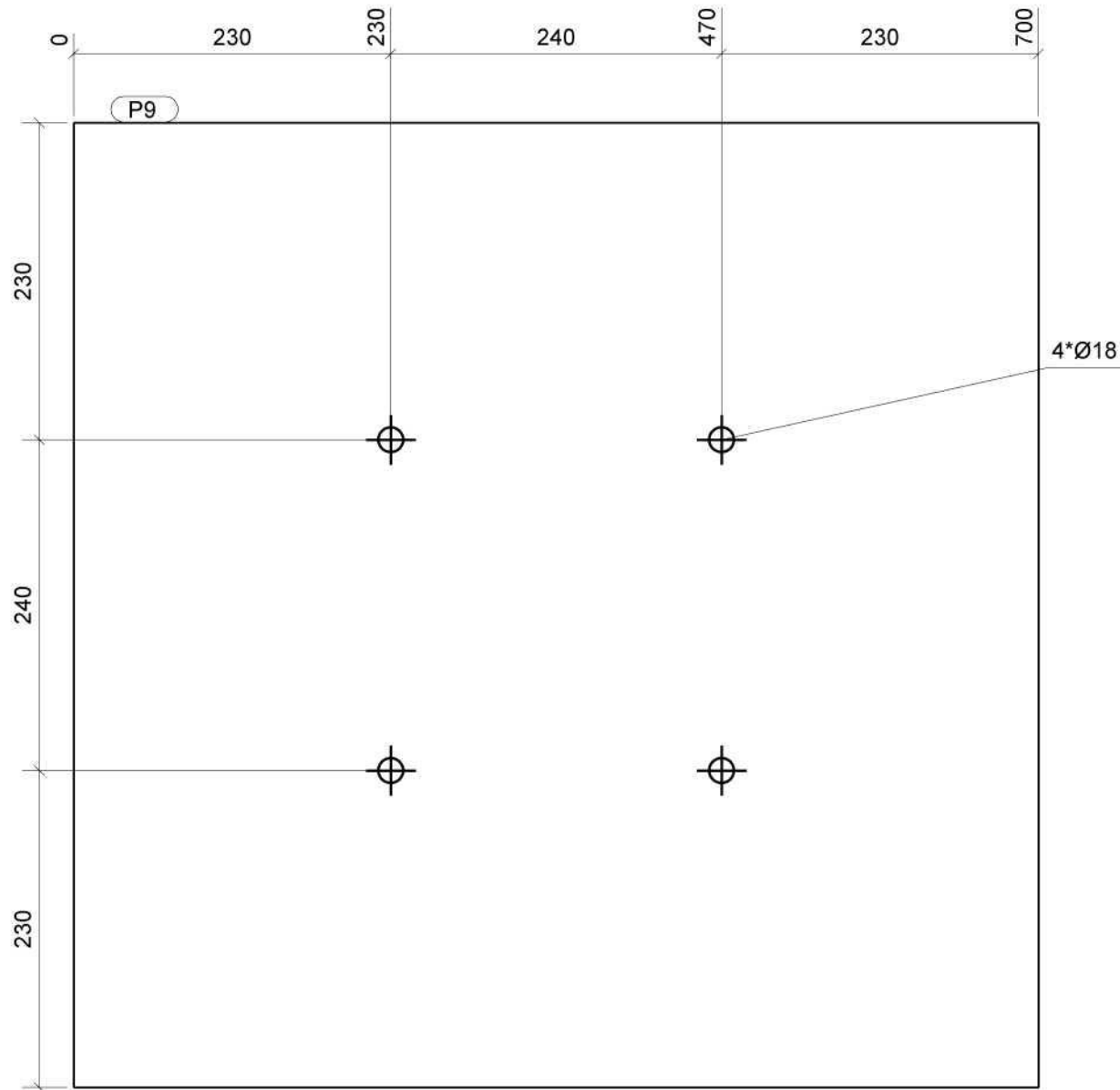
Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:1



Nº rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
PROYECTO: <b>Tesis</b>			Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>W [P.8]</b>			ESTADO:



**Universidad Católica de Santa María**



Tekla structures

Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
P9	PL15*700	700	1	C1
P9	PL15*700	700	2	C2
P9	PL15*700	700	2	C3
P9	PL15*700	700	1	C4
P9	PL15*700	700	2	C5
Número total:			8	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:5

Nº rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN		SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN	
CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN		PROYECCIÓN:	
PROYECTO: <b>Tesis</b>			Tamaño: <b>A4</b>
DIBUJO: <b>W [P.9]</b>			ESTADO:



Universidad Católica  
de Santa María



P10



Parte	Perfil	Longitud	Número	Conjunto
P10	HEA100	150	1	C1
P10	HEA100	150	2	C2
P10	HEA100	150	2	C3
P10	HEA100	150	1	C4
P10	HEA100	150	2	C5
Número total:			8	

PROYECTO: <b>Techo Estructural</b>
TÍTULO DIBUJO: <b>PARTE</b>
CONSTRUCTOR: <b>UCSM</b>

Diseñador: Victor Pineda
Fecha: 04.11.2016
Escala: 1:1



Nº rev.	Revisión	Descripción de revisión	Fecha revisión
		MATERIAL: S275JR, SALVO INDICACIÓN	SOLDADURAS: 4, SALVO INDICACIÓN
		CALIDAD TORNILLOS 8.8, SALVO INDICACIÓN	PROYECCIÓN:
Universidad Católica de Santa María			PROYECTO: <b>Tesis</b> DIBUJO: W [P.10]
			Tamaño: <b>A4</b>
ESTADO:			