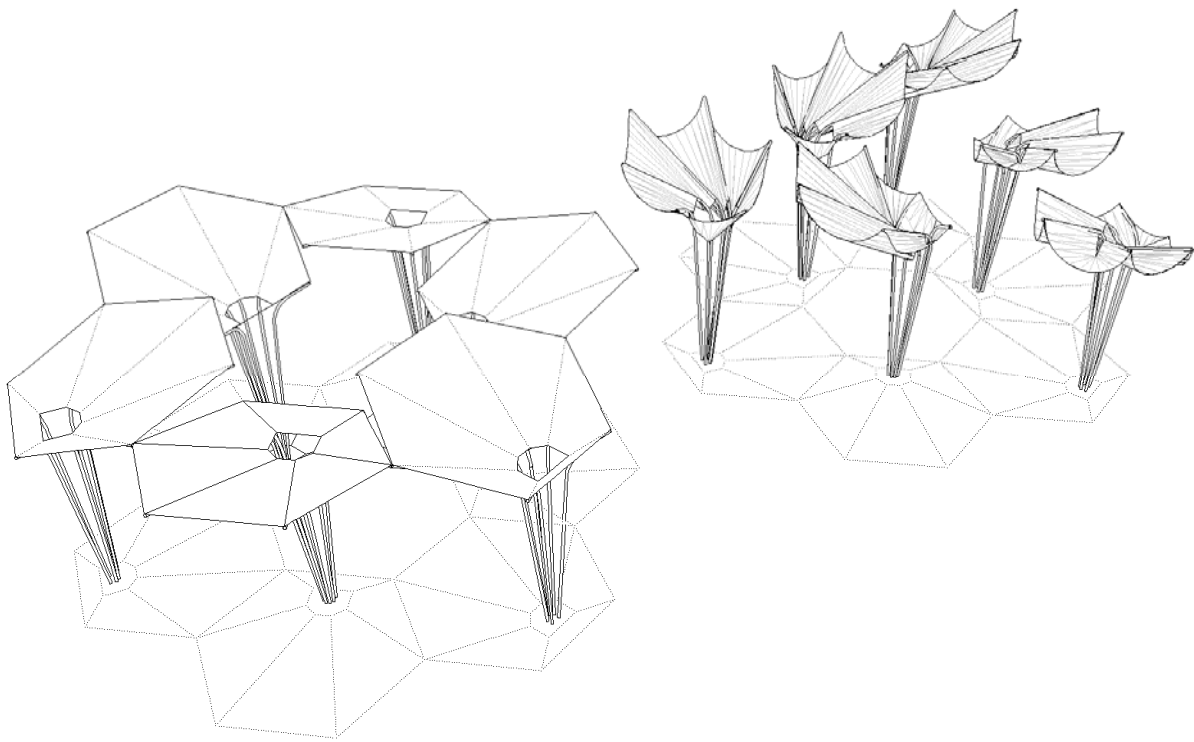


# MEMORIA DE CÁLCULO

## MODULO DE CUBRICION



# MEMORIA DE CÁLCULO

MODULO DE CUBRICION

USERA URBAN IUSSES

## 1. DATOS PREVIOS

### ACCIONES ACTUANTES

Las acciones que se han considerado para el cálculo de la estructura han sido obtenidas de acuerdo con el Documento Básico SE AE:

- [Acciones permanentes](#): PESO PROPIO:
- [Acciones variables](#): NIEVE :

Por el diseño de la estructura, en condiciones de nieve la estructura deberá de permanecer en su posición de repliegue, no obstante se ha tenido en cuenta la hipótesis de nieve en el caso excepcional de que la nevada se produzca con los módulos de cubrición se encuentran desplegados. El elemento se proyecta con un óculo central que permitirá relativamente la evacuación de nieve de la cubierta. El valor de la carga de nieve se ha determinado según el apartado 3.5 del DB SE-AE.

Carga de nieve por unidad de superficie

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

$$s_k = 0,60 \text{ KN} / m^2 \text{ (Madrid)}$$

$$\mu = 1,00 \text{ (cubiertas < 30\%)}$$

$$q_n = 0,60 \cdot 1,00 = 0,60 \text{ KN} / m^2$$

- [Acciones Variables](#): VIENTO

El valor de la presión que ejerce el viento se ha determinado mediante el apartado 3.3 del DB\_AE. Carga estática del viento:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Presión dinámica del viento: según apartado 3.3.2 del DB\_AE

$$q_b = 0,50 \cdot \delta \cdot v_b^2 = (0,50) \cdot (0,00125) \cdot (26)^2 = 0,4225 \text{ KN} / m^2$$

Coefficiente de exposición: según apartado 3.3. del DB\_AE

Se ha considerado un grado de aspereza del entorno tipo V, por ser lo mas asimilable al entorno urbano en el que nos encontramos, torres relativamente altas con grandes separaciones entre si; y con alternancia de edificios mas pequeños. Mucha vegetación en el espacio urbano, con altura considerable.

Altura del modulo de cubrición entre 3 y 6 m.  $\rightarrow c_e = 1,2$

Coefficiente de presión exterior: según apartado 3.4. del DB\_AE

Este coeficiente depende de la dirección del viento y de la forma del edificio. Para el calculo de este coeficiente se ha considerado la tabla D9, como la mas asimilable (marquesinas a 2 aguas)

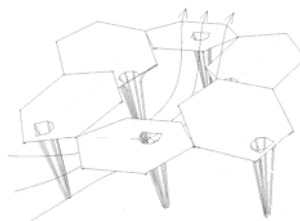
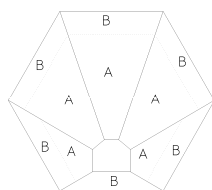
Factor de obstrucción:  $\varphi = 0$  (no se prevén obstáculos considerables bajo la estructura)

Pendiente de la cubierta  $\alpha = 22^\circ$

Según la tabla D9 se obtienen los siguientes valores:

Para zona A:  $c_{p10} = 1,20$

Para zona B:  $c_{p10} = 1,80$



Carga estática del viento:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

$$q_e = (0,4225) \cdot (1,20) \cdot (1,20) = 0,6084 \text{ KN} / m^2 \text{ en zona A}$$

$$q_e = (0,4225) \cdot (1,20) \cdot (1,80) = 0,9126 \text{ KN} / m^2 \text{ en zona B}$$

COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD PARA LAS ACCIONES

Según tabla 4.1 del DB\_SE:

TIPO DE VERIFICACION	TIPO DE ACCION	Situación persistente o transitoria	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	variable	1,50	0,00
		DESESTABILIZADORA	ESTABILIZADORA
Estabilidad	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	variable	1,50	0,00

TENSION ESTIMADA DEL TERRENO

Se ha considerado una tensión admisible del terreno de 0,2 N/mm<sup>2</sup>. El valor de la resistencia admisible tomada se considera con los correspondientes coeficientes de seguridad aplicados.

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL EMPLEADO EN EL MODULO DE CUBRICION

El modulo de cubrición se compone de 6 mástiles curvados, dispuestos de manera que en planta genera una superficie hexagonal. La cubrición se compone de un tejido de poliéster con revestimiento de resina polimerica (PVC)

**Mástiles:** Aleación de Aluminio T6 6061 (Aluminio-Magnesio-Silicio)

COMPOSICION QUIMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos	Al
Mínimo	0,40		0,15		0,80	0,04			Otros Total	
Máximo	0,80	0,70	0,40	0,15	1,20	0,35	0,25	0,15	0,05 0,15	El resto

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS a temperatura ambiente de 20°C

Características a la tracción						
Estado	Carga de rotura Rm. N/mm <sup>2</sup>	Límite elástico Rp 0,2, N/mm <sup>2</sup>	Alargamiento A 5,65%	Límite a la fatiga N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la cizalladura N/mm <sup>2</sup>	Dureza Brinell (HB)
T6	310	270	14	190	190	95

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS a temperatura ambiente de 20°C

Módulo elástico N/mm <sup>2</sup>	Peso específico g/cm <sup>3</sup>	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1/10 <sup>6</sup> K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - ufi cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
70,000	2,70	580-650	23,3	166	4,0	43	-0,83

Tensión característica y tensión de cálculo del Aluminio T6 6061

$$f_{yk} = 270 \text{ N / mm}^2 \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,05} = 257,14 \text{ N / mm}^2 \rightarrow 2.571 \text{ Kg / cm}^2$$

**Tejido de Poliéster con revestimiento de PVC**

Poliéster de alta tenacidad	RESISTENCIA A TRACCION	ALARGAMIENTO A ROTURA	MODULO DE ELASTICIDAD	ABSORCION DE AGUA	DENSIDAD
	0,97 - 1,17 N/mm <sup>2</sup>	11-15%	12 - 15 N/mm <sup>2</sup>	0,4 %	1,38 g/cm <sup>3</sup>

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CIMENTACIÓN

En la siguiente tabla se exponen las características de los hormigones y aceros para armaduras, que se emplearán en la cimentación, así como los coeficientes de seguridad y el nivel de control que se han de aplicar.

Hormigón en cimentación

LOCALIZACIÓN	TIPIFICACION ( Art. 39.2 )	RESISTENCIA DE CALCULO ( Art. 39.4 )	MIN. CONTENIDO CEMENTO ( Art. 37.3.2 )	MAXIMA RELACION A/C ( Art. 37.3.2 )	VALOR NOMINAL RECUBRIMIENTOS ( Art. 37.2.4 )	NIVEL DE CONTROL ( Art. 88 )	COEFICIENTE SEGURIDAD ( Art. 15.3 )
CIMENTACION	HA -25/P/35/Ila	16,7 N / mm <sup>2</sup>	275 Kg	0,60	70mm	ESDADISTICO	1,5

Acero para armar

LOCALIZACIÓN	DESIGNACIÓN ( Art. 31 )	RESISTENCIA DE CALCULO ( Art. 38.3 )	PRODUCTO CERTIFICADO	NIVEL DE CONTROL ( Art. 90 )	COEFICIENTE SEGURIDAD ( Art. 15.3 )
CIMENTACION	B 500 S	434,8 N / mm <sup>2</sup>	MARCA N / AENOR	NORMAL	1,15

## PROPIEDADES DE SECCIONES EMPLEADAS EN LOS MASTILES \_ ALUMINIO T6 6061

### MASTILES $\phi 90 .6$

INERCIA

$$I_{x1} = I_{y1} = \frac{\pi \cdot (4,5)^4}{4} = 322,06 \text{ cm}^3$$

$$I_{x2} = I_{y2} = \frac{\pi \cdot (3,9)^4}{4} = 181,69 \text{ cm}^3$$

Inercia de la sección:  $I_x = I_y = 322,06 - 181,69 = 140,32 \text{ cm}^3$

Modulo resistente:  $W_x = W_y = 140,32 / 4,5 = 31,18 \text{ cm}^2$

AREA

$$A_1 = \pi \cdot (4,5)^2 = 63,62 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \pi \cdot (3,9)^2 = 47,78 \text{ cm}^2$$

Área de la sección:  $A = 63,62 - 47,78 = 15,84 \text{ cm}^2$

Perímetro exterior  $u = \pi \cdot 9 = 28,27 \text{ cm}$

RADIO DE GIRO MINIMO DE LA SECCION

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{140,32}{15,84}} = 2,98 \text{ cm}$$

PESO POR METRO LINEAL

$$p = 15,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 2700 \text{ Kg} / \text{m}^3 = 4,28 \text{ Kg} / \text{m}$$

### EMPOTRAMIENTO EN EL APOYO $\phi 75 .10 + \phi 90 .6$

INERCIA

$$I_{x1} = I_{y1} = \frac{\pi \cdot (3,75)^4}{4} = 155,31 \text{ cm}^3$$

$$I_{x2} = I_{y2} = \frac{\pi \cdot (2,75)^4}{4} = 44,92 \text{ cm}^3$$

Inercia de la sección:  $I_x = I_y = 155,31 - 44,92 = 110,39 \text{ cm}^3$

Inercia

sección conjunta:  $I_{ix} = I_{iy} = 110,39 + 140,32 = 250,71 \text{ cm}^3$

Modulo resistente

sección conjunta:  $W_x = W_y = 250,71 / 4,5 = 55,71 \text{ cm}^2$

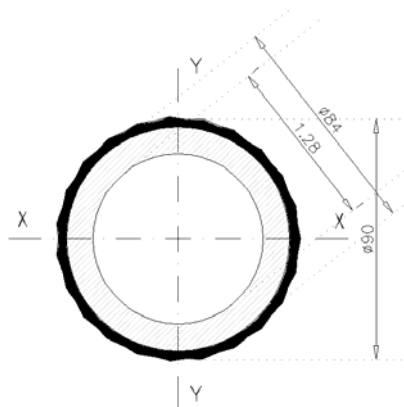
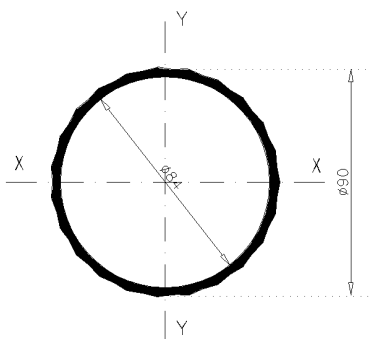
AREA

$$A_1 = \pi \cdot (3,75)^2 = 44,18 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \pi \cdot (2,75)^2 = 23,76 \text{ cm}^2$$

Área de la sección:  $A = 44,18 - 23,76 = 20,42 \text{ cm}^2$

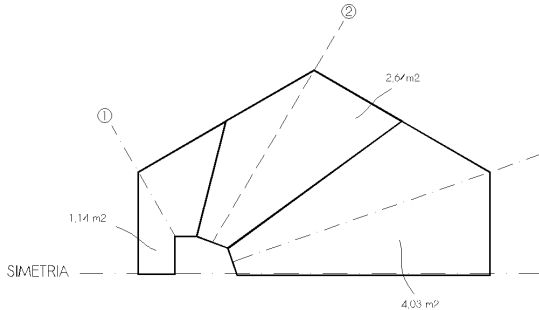
Área de la sección conjunta:  $A = 20,42 + 15,84 = 36,26 \text{ cm}^2$



## 2. ANALISIS ESTRUCTURAL

El cálculo de reacciones, esfuerzos en las barras y desplazamientos en nudos, se ha determinado con ayuda del programa informático SAP2000, versión 15.2.1.

REPARTO DE CARGAS SOBRE LOS MASTILES: ( HIPOTESIS 1: NIEVE )



Paño grande 3,51m

$$4,03 \text{ m}^2 \cdot 0,60 \text{ KN} / \text{m}^2 = 2,42 \text{ KN} \rightarrow$$

$$2,42 \text{ KN} / 3,51 \text{ m} = 0,689 \text{ KN} / \text{m}$$

Paño mediano 2,56 m

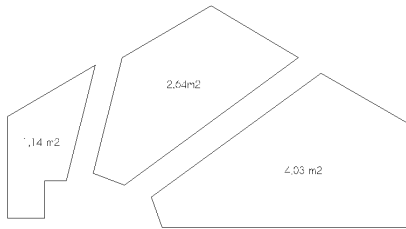
$$2,64 \text{ m}^2 \cdot 0,60 \text{ KN} / \text{m}^2 = 1,58 \text{ KN} \rightarrow$$

$$1,58 \text{ KN} / 2,56 \text{ m} = 0,689 \text{ KN} / \text{m}$$

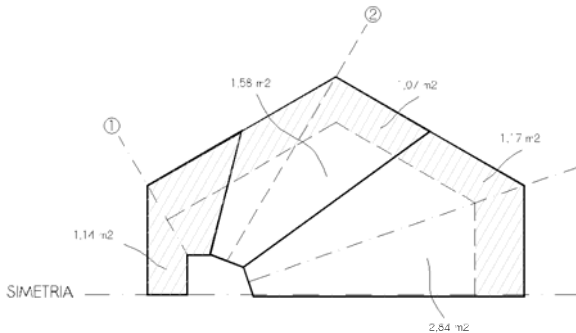
Paño pequeño 1,01 m

$$1,14 \text{ m}^2 \cdot 0,60 \text{ KN} / \text{m}^2 = 0,684 \text{ KN} \rightarrow$$

$$0,684 \text{ KN} / 1,01 \text{ m} = 0,677 \text{ KN} / \text{m}$$



REPARTO DE CARGAS SOBRE LOS MASTILES: ( HIPOTESIS 2: VIENTO )



Paño grande 3,51m

Zona B:

$$1,17 \text{ m}^2 \cdot 0,9126 \text{ KN} / \text{m}^2 = 1,07 \text{ KN} \rightarrow$$

$$1,07 \text{ KN} / 0,45 \text{ m} = 2,37 \text{ KN} / \text{m}$$

Zona A:

$$2,84 \text{ m}^2 \cdot 0,6084 \text{ KN} / \text{m}^2 = 1,728 \text{ KN} \rightarrow$$

$$1,728 \text{ KN} / 3,06 \text{ m} = 0,565 \text{ KN} / \text{m}$$

Paño mediano 2,56 m

Zona B:

$$1,07 \text{ m}^2 \cdot 0,9126 \text{ KN} / \text{m}^2 = 0,976 \text{ KN} \rightarrow$$

$$0,976 \text{ KN} / 0,45 \text{ m} = 2,17 \text{ KN} / \text{m}$$

Zona A:

$$1,58 \text{ m}^2 \cdot 0,6084 \text{ KN} / \text{m}^2 = 0,961 \text{ KN} \rightarrow$$

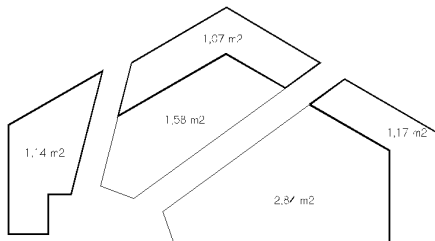
$$0,961 \text{ KN} / 1,11 \text{ m} = 0,455 \text{ KN} / \text{m}$$

Paño pequeño 1,01 m

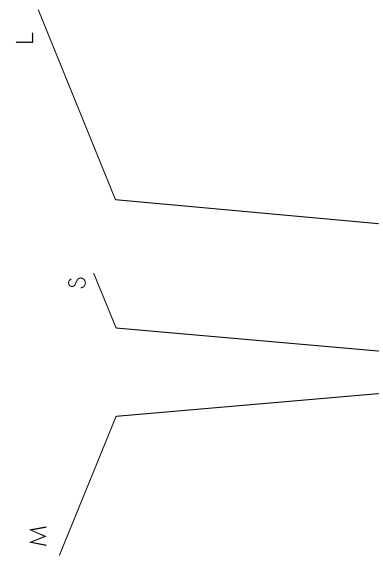
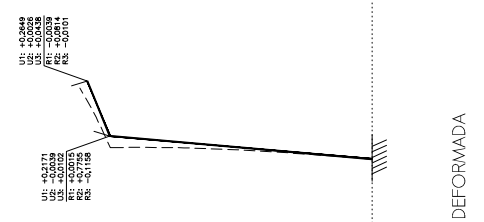
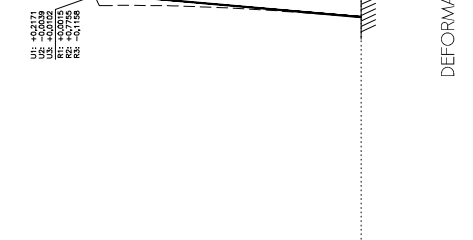
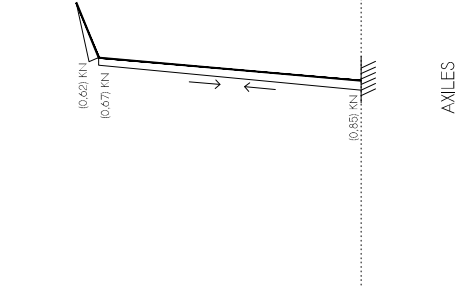
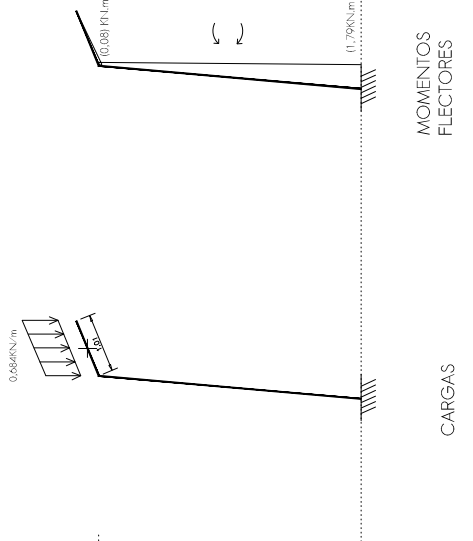
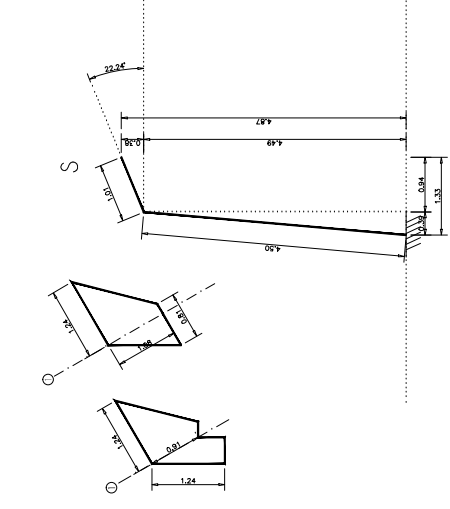
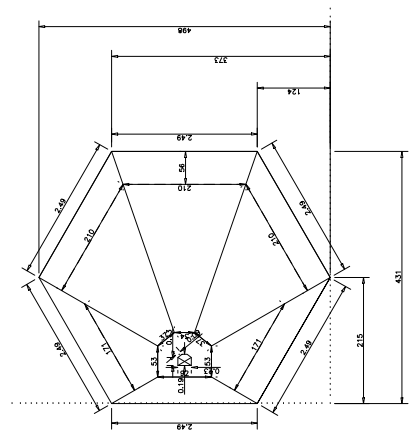
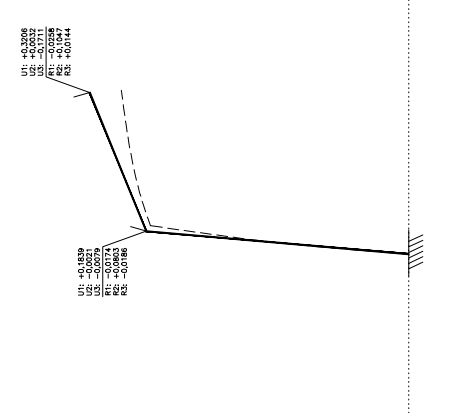
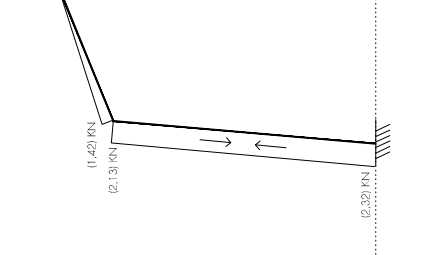
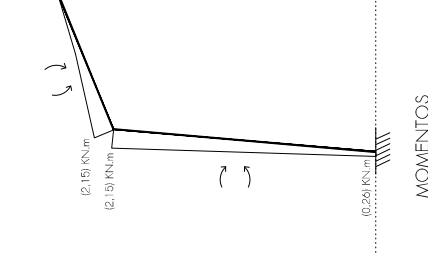
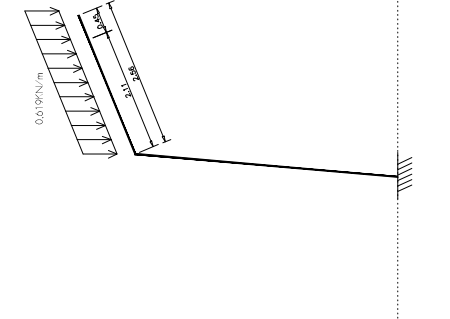
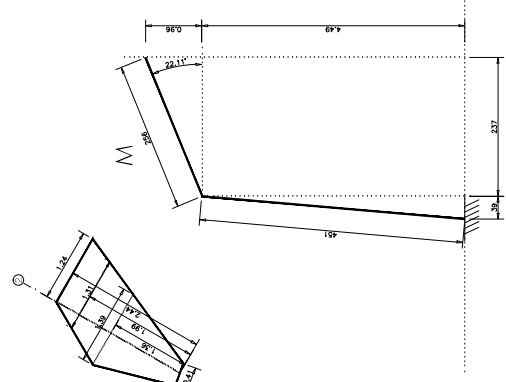
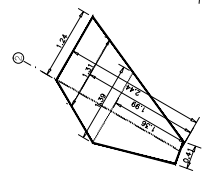
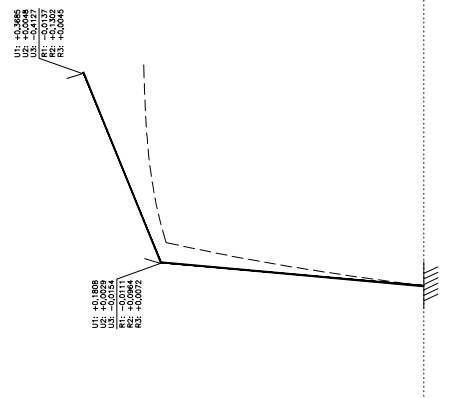
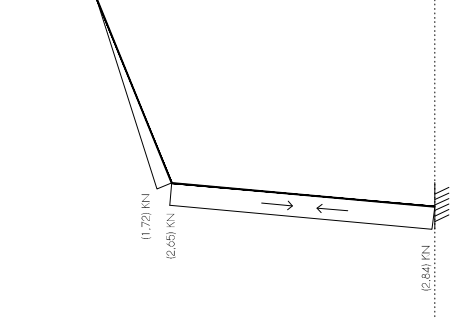
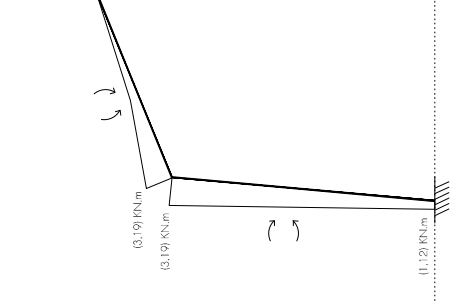
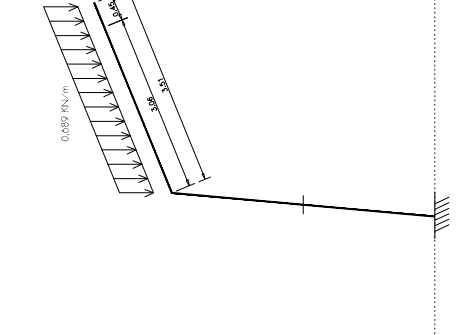
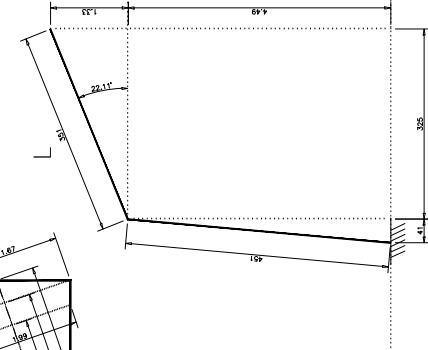
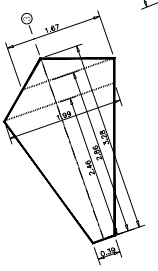
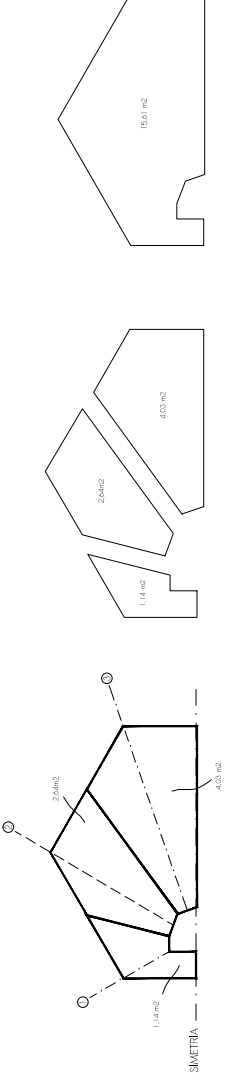
Zona B:

$$1,14 \text{ m}^2 \cdot 0,9126 \text{ KN} / \text{m}^2 = 1,04 \text{ KN} \rightarrow$$

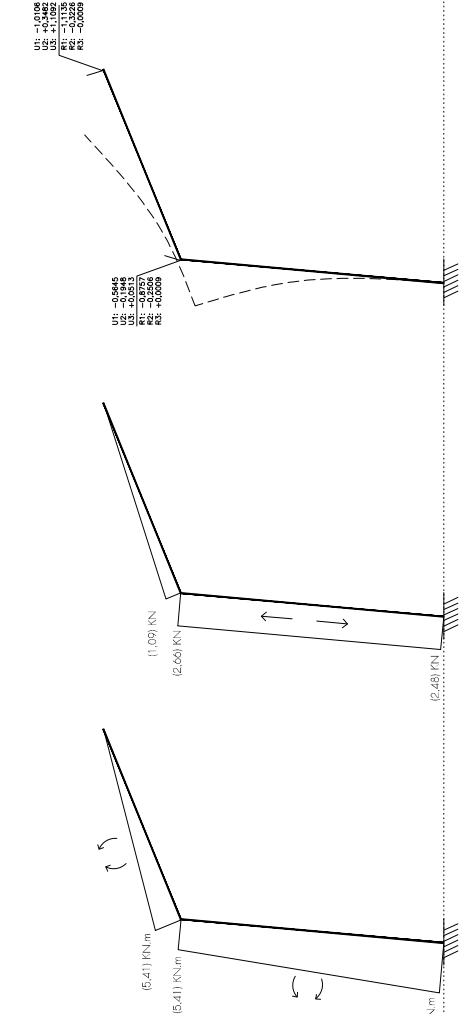
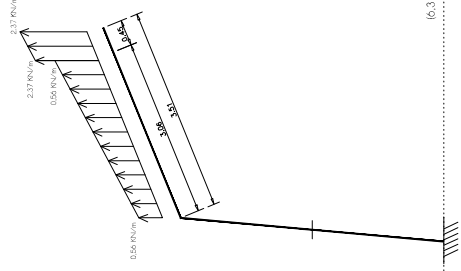
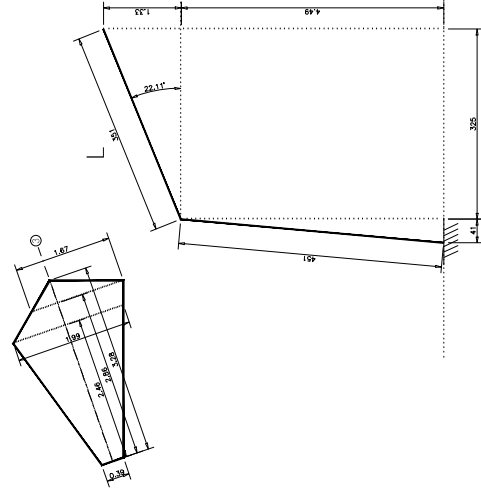
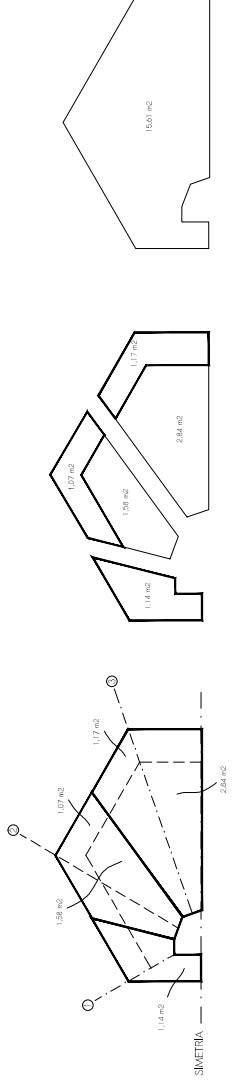
$$1,04 \text{ KN} / 1,01 \text{ m} = 1,03 \text{ KN} / \text{m}$$



# HIPOTESIS DE NIEVE



# HIPOTESIS DE VIENTO

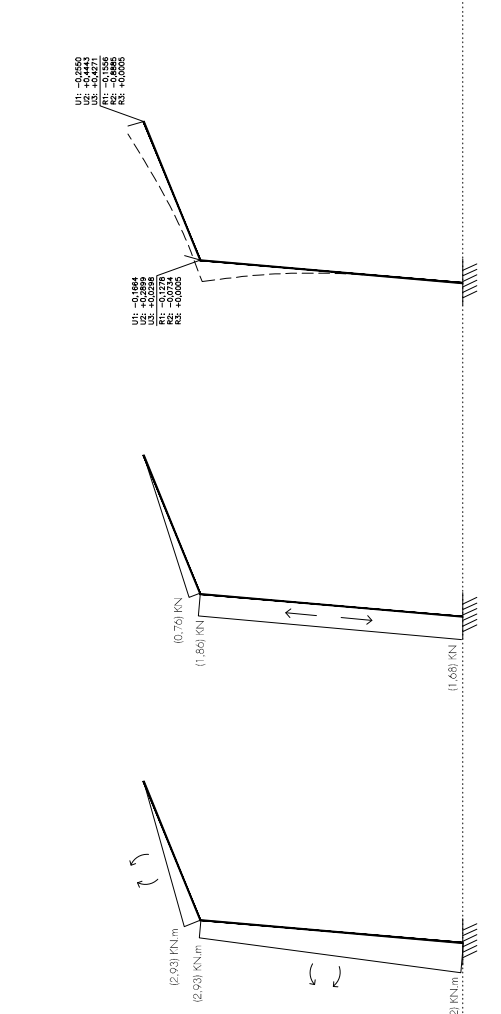
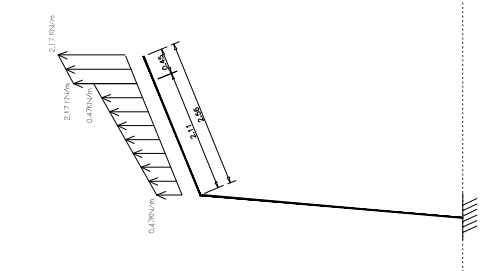
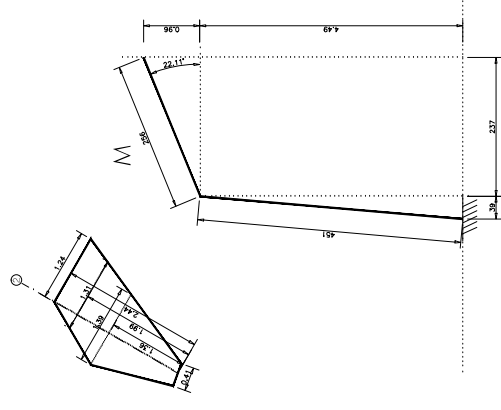
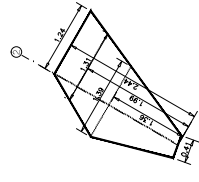
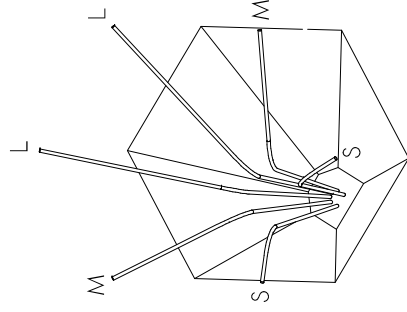


CARGAS

MOMENTOS FLECTORES

AXILES

DEFORMADA

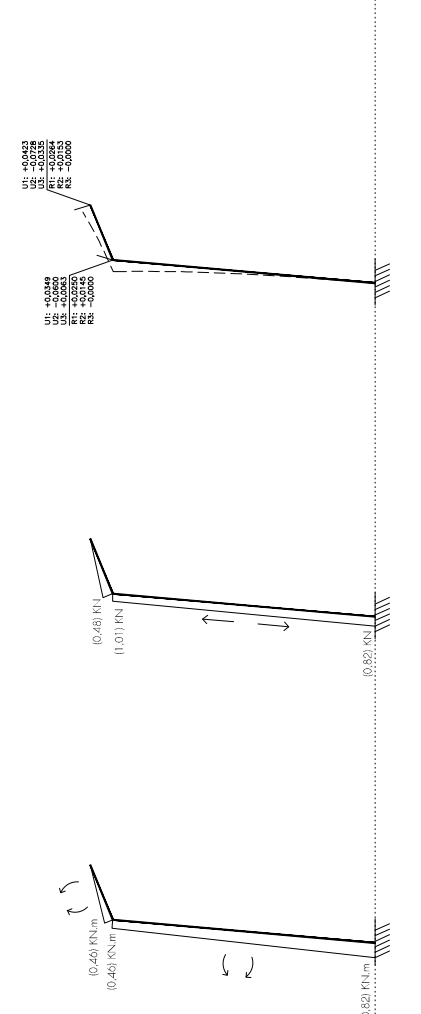
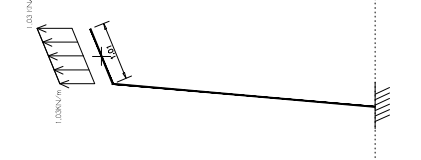
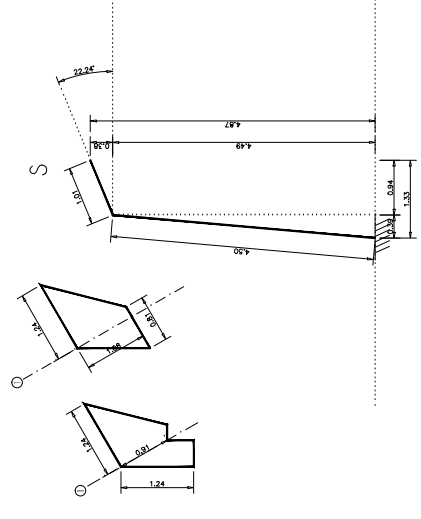
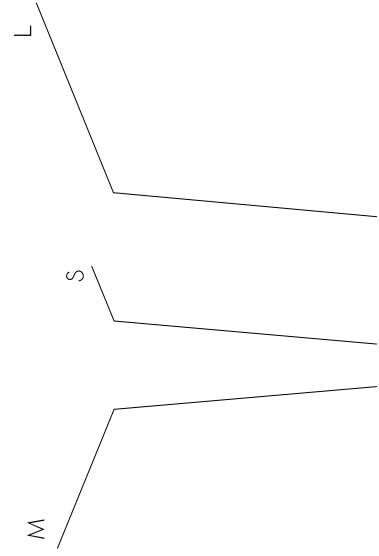


CARGAS

MOMENTOS FLECTORES

AXILES

DEFORMADA



DIMENSIONES

CARGAS

MOMENTOS FLECTORES

AXILES

DEFORMADA

## 2.1. COMPROBACIONES DE ESTADOS LIMITE ÚLTIMOS

### HIPOTESIS 1: NIEVE

Para simular la resistencia a tracción del tejido se ha considerado un tirante uniendo los extremos de cada mástil. El momento máximo se obtiene en el quiebro del mástil  $L$ , de mayor longitud.

$$M_d = (3,19) KN \cdot m \cdot (1,50) = 4,78 KN \cdot m$$

$$N_d = 2,65 KN \cdot (1,50) = 3,97 KN \text{ (compresión)}$$

Por otro lado el mayor esfuerzo a compresión se produce en el apoyo, añadiéndose el peso propio del mástil.

$$N_d = 2,84 KN \cdot (1,50) = 4,26 KN \text{ (compresión)}$$

### COMPROBACION ESTADO LIMITE ÚLTIMO: FLEXOCOMPRESION

$$\sigma_{sol} = \frac{N_d}{A_{sec}} \pm \frac{M_d}{W_{sec}} \leq \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{sol} = \frac{(3,97) \cdot 10^2 \text{ Kg}}{15,84 \text{ cm}^2} \pm \frac{(4,78) \cdot 10^4 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{(31,18) \text{ cm}^3} = (1.558,08) \text{ Kg} / \text{cm}^2 > 2.571 \text{ Kg} / \text{cm}^2 \text{ (cumple)}$$

### COMPROBACION ESTADO LIMITE ÚLTIMO: PANDEO

$$\text{Carga crítica de Euler} \rightarrow N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{L_k^2}$$

$L_k = \beta \cdot L$  para el caso al que nos referimos. A pesar de que el mástil se encuentra libre en el extremo, se ha considerado una longitud de pandeo  $L_k = (1) \cdot L$ , ya el pandeo se calcula a partir del punto en el cual pasa a ser casi vertical; además con la hipótesis de cargas consideradas, el efecto del tejido limita el movimiento en ese punto. Por lo que debe considerarse el mástil como una barra biempotrada desplazable, con longitud de pandeo similar a la barra biarticulada.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot (7 \cdot 10^5) \cdot 140,32}{(450)^2} = 478,73 \text{ Kg} > 426 \text{ Kg} \text{ (cumple)}$$

### COMPROBACION ESTADO LIMITE ÚLTIMO: TORSION

Aunque en este caso no hay torsión, en la carga de viento debería estudiarse



HIPOTESIS 2: VIENTO

El momento máximo se obtiene en el apoyo del mástil L, de mayor longitud

$$M_d = (6,31) KN .m .(1,20) = 7,57 KN .m$$

$$N_d = 2,48 KN .(1,50) = 2,95 KN \text{ ( tracción )}$$

COMPROBACION ESTADO LÍMITE ÚLTIMO: FLEXION + TRACCION

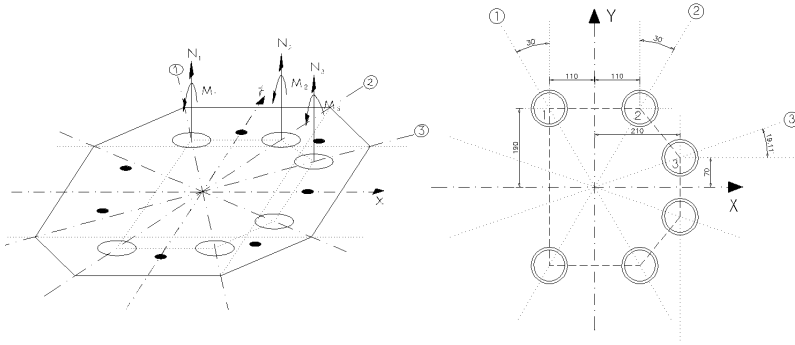
$$\sigma_{sol} = \frac{N_d}{A_{sec}} \pm \frac{M_d}{W_{sec}} \leq \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{sol} = \frac{(2,95) \cdot 10^2 Kg}{15,84 cm^2} \pm \frac{(7,57) \cdot 10^4 Kg .cm}{(31,18) cm^3} = (2.446 ,46) Kg / cm^2 > 2.571 Kg / cm^2 \text{ (cumple)}$$

COMPROBACION ESTADO LÍMITE ÚLTIMO: TORSION

COMPROBACION ESTADO LÍMITE ÚLTIMO: CORTANTE

**ESFUERZOS EN EL APOYO POR EJECTO DE LA NIEVE**



- |                                        |                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| $N_1 = 0,85 \text{ KN}$                | $N_2 = 2,32 \text{ KN}$                | $N_3 = 2,84 \text{ KN}$                |
| $M_1 = 1,79 \text{ KN} \cdot \text{m}$ | $M_2 = 0,26 \text{ KN} \cdot \text{m}$ | $M_3 = 1,12 \text{ KN} \cdot \text{m}$ |
| $\alpha = 30^\circ$                    | $\alpha = 30^\circ$                    | $\alpha = 19,11^\circ$                 |
| $d_{1x} = 11 \text{ cm}$               | $d_{2x} = 11 \text{ cm}$               | $d_{3x} = 21 \text{ cm}$               |
| $d_{1y} = 19 \text{ cm}$               | $d_{2y} = 19 \text{ cm}$               | $d_{3y} = 7 \text{ cm}$                |

MOMENTOS RESPECTO A LOS EJES XY

- $M_{1x} = M_1 \cdot \cos \alpha = 1,79 \cdot \cos 30^\circ = (1,55) \text{ KN} \cdot \text{m}$   
 $M_{1y} = M_1 \cdot \text{sen} \alpha = 1,79 \cdot \text{sen} 30^\circ = (0,895) \text{ KN} \cdot \text{m}$
- $M_{2x} = M_2 \cdot \cos \alpha = 0,26 \cdot \cos 30^\circ = (0,225) \text{ KN} \cdot \text{m}$   
 $M_{2y} = M_2 \cdot \text{sen} \alpha = 0,26 \cdot \text{sen} 30^\circ = (0,130) \text{ KN} \cdot \text{m}$
- $M_{3x} = M_3 \cdot \text{sen} \alpha = 2,84 \cdot \text{sen} 19,11^\circ = (0,930) \text{ KN} \cdot \text{m}$   
 $M_{3y} = M_3 \cdot \cos \alpha = 2,84 \cdot \cos 19,11^\circ = (2,683) \text{ KN} \cdot \text{m}$

RESULTANTE DE MOMENTOS

$M_{RX} = M_{1x} + M_{2x} + M_{3x} + N_1 \cdot y_1 + N_2 \cdot y_2 + N_3 \cdot y_3$   
 $M_{RY} = M_{1y} + M_{2y} + M_{3y} + N_1 \cdot x_1 + N_2 \cdot x_2 + N_3 \cdot x_3$

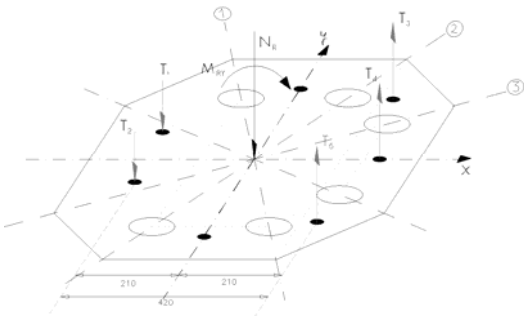
$M_{RX} = 0$  ( por simetría )

$M_{RY} = 2 \cdot [ + (0,895) + (0,130) + (2,683) ] + 2 \cdot [ - (0,85) \cdot (0,11) + (2,32) \cdot (0,11) + (2,84) \cdot (0,21) ] = 8,93 \text{ KN} \cdot \text{m}$

RESULTANTE DE CARGAS VERTICALES

$\Sigma F_y = 2 \cdot [ (0,85) + (2,32) + (2,84) ] = 12,02 \text{ KN}$  (Compresión)

**COMPROBACION DE PERNOS DE ANCLAJE**



$M = F \cdot d \rightarrow F = \frac{M}{d} = \frac{(8,93) \text{ KN} \cdot \text{m}}{(0,42) \text{ m}} = (21,26) \text{ KN}$

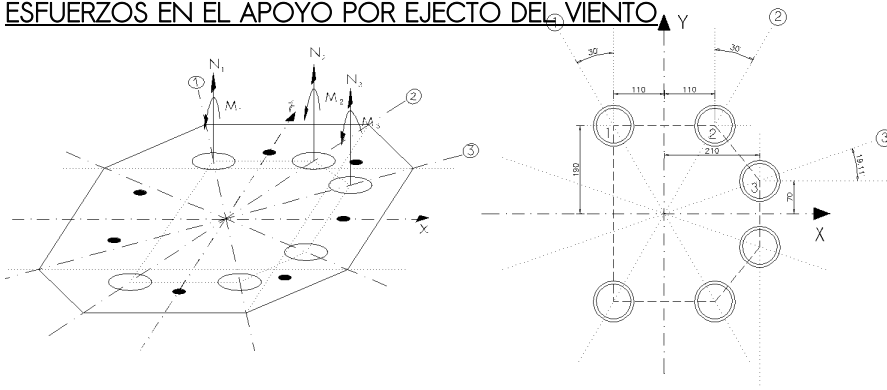
$T_1 = T_2 = + \frac{(21,26) \text{ KN}}{2} - \frac{(12,02) \text{ KN}}{7} = (8,91) \text{ KN}$  ( tracción )

$T_3 = T_4 = T_5 = + \frac{(21,26) \text{ KN}}{3} + \frac{(12,02) \text{ KN}}{7} = (8,80) \text{ KN}$  ( compresión )

$\sigma_{sol} = \frac{N}{A} \leq \sigma_{adm} \rightarrow A_{min} = \frac{N_d}{\sigma_{adm}} = \frac{(1,50) \cdot (8,91) \cdot 10^2 \text{ Kg}}{(2.571) \text{ Kg} / \text{cm}^2} = (0,520) \text{ cm}^2 \rightarrow 52 \text{ mm}^2$

$52 \text{ mm}^2 < 314,16 \text{ mm}^2 (\phi 20 \text{ mm})$  (cumple)

## ESFUERZOS EN EL APOYO POR EJECTO DEL VIENTO



$$\begin{array}{lll}
 N_1 = 0,82 \text{ KN} & N_2 = 1,68 \text{ KN} & N_3 = 2,48 \text{ KN} \\
 M_1 = 0,82 \text{ KN} \cdot \text{m} & M_2 = 3,62 \text{ KN} \cdot \text{m} & M_3 = 6,31 \text{ KN} \cdot \text{m} \\
 \alpha = 30^\circ & \alpha = 30^\circ & \alpha = 19,11^\circ \\
 d_{1x} = 11 \text{ cm} & d_{2x} = 11 \text{ cm} & d_{3x} = 21 \text{ cm} \\
 d_{1y} = 19 \text{ cm} & d_{2y} = 19 \text{ cm} & d_{3y} = 7 \text{ cm}
 \end{array}$$

MOMENTOS RESPECTO A LOS EJES XY

$$\begin{array}{l}
 M_{1x} = M_1 \cdot \cos \alpha = 0,82 \cdot \cos 30^\circ = (0,710) \text{ KN} \cdot \text{m} \\
 M_{1y} = M_1 \cdot \sin \alpha = 0,82 \cdot \sin 30^\circ = (0,410) \text{ KN} \cdot \text{m} \\
 \\
 M_{2x} = M_2 \cdot \cos \alpha = 3,62 \cdot \cos 30^\circ = (3,135) \text{ KN} \cdot \text{m} \\
 M_{2y} = M_2 \cdot \sin \alpha = 3,62 \cdot \sin 30^\circ = (1,81) \text{ KN} \cdot \text{m} \\
 \\
 M_{3x} = M_3 \cdot \sin \alpha = 6,31 \cdot \sin 19,11^\circ = (2,066) \text{ KN} \cdot \text{m} \\
 M_{3y} = M_3 \cdot \cos \alpha = 6,31 \cdot \cos 19,11^\circ = (5,962) \text{ KN} \cdot \text{m}
 \end{array}$$

RESULTANTE DE MOMENTOS

$$\begin{array}{l}
 M_{RX} = M_{1x} + M_{2x} + M_{3x} + N_1 \cdot y_1 + N_2 \cdot y_2 + N_3 \cdot y_3 \\
 M_{RY} = M_{1y} + M_{2y} + M_{3y} + N_1 \cdot x_1 + N_2 \cdot x_2 + N_3 \cdot x_3 \\
 \\
 M_{RX} = 0 \text{ (por simetría)} \\
 \\
 M_{RY} = 2 \cdot [+ (0,41) - (1,81) - (5,96)] + 2 \cdot [+ (0,82) \cdot (0,11) - (1,68) \cdot (0,11) - (2,48) \cdot (0,21)] = -15,95 \text{ KN} \cdot \text{m}
 \end{array}$$

RESULTANTE DE CARGAS VERTICALES

$$\Sigma F_y = 2 \cdot [(0,82) + (1,68) + (2,48)] = 9,96 \text{ KN}$$

COMPROBACION DE PERNOS DE ANCLAJE

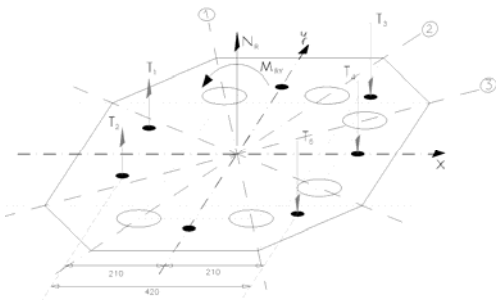
$$M = F \cdot d \rightarrow F = \frac{M}{d} = \frac{(15,95) \text{ KN} \cdot \text{m}}{(0,42) \text{ m}} = (37,97) \text{ KN}$$

$$\begin{array}{l}
 T_1 = T_2 = -\frac{(37,97) \text{ KN}}{2} + \frac{(9,96) \text{ KN}}{7} = (17,56) \text{ KN} \text{ (compresión)} \\
 T_3 = T_4 = T_5 = +\frac{(37,97) \text{ KN}}{3} + \frac{(9,96) \text{ KN}}{7} = (14,04) \text{ KN} \text{ (tracción)}
 \end{array}$$

$$\sigma_{sol} = \frac{N}{A} \leq \sigma_{adm} \rightarrow$$

$$A_{\min} = \frac{N_d}{\sigma_{adm}} = \frac{(1,50) \cdot (14,04) \cdot 10^2 \text{ Kg}}{(2,571) \text{ Kg} / \text{cm}^2} = (0,819) \text{ cm}^2 \rightarrow 89 \text{ mm}^2$$

$$89 \text{ mm}^2 < 314,16 \text{ mm}^2 (\phi 20 \text{ mm}) \text{ (cumple)}$$



## 2.2. COMPROBACION FRENTE AL VUELCO

Para comprobación frente al vuelco no se ha considerado que actúan las cargas verticales referidas al peso propio, y las cargas horizontales producidas por la acción del viento, sin considerar la nieve, ni la sobrecarga de uso.

$$M_{d,estab} \geq M_{d,desestab}$$

$$\begin{cases} M_{d,estab} = (270,60 \text{ KN} \cdot 1,40 \text{ m}) = 378,84 \text{ KN} \cdot \text{m} \\ M_{d,desestab} = (6,00 \text{ KN} \cdot 12,60 \text{ m} + (10,00 \text{ KN} \cdot 6,10)) = 75,60 + 61,00 = 136,60 \text{ KN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\gamma_R = \frac{M_{d,estab}}{M_{d,desestab}} = \frac{378,84}{136,60} = 2,77 > 2,00 \text{ (cumple)}$$

## 2.2. COMPROBACION FRENTE AL HUNDIMIENTO DE LA ZAPATA

$$\sigma_{adm} = 0,30 \text{ N} / \text{mm}^2 \rightarrow 300 \text{ KN} / \text{m}^2$$

\* resultante vertical y momento resultante en el cdg de la zapata:

$$N = 270,60 \text{ KN}$$

$$M = 136,60 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

\* tensión máxima transmitida al terreno:

$$\sigma = \frac{270,60}{280 \times 280} + \frac{136,00 \text{ KN} \cdot 1,40 \text{ m}}{1/12 \cdot (2,80) \cdot (2,80)^3} = 34,51 + 37,18 = 71,68 \text{ KN} / \text{m}^2 \ll 300 \text{ KN} / \text{m}^2 \text{ (cumple)}$$

\* tensión mínima

$$\sigma = \frac{270,60}{280 \times 280} - \frac{136,04 \text{ KN} \cdot 1,40 \text{ m}}{1/12 \cdot (2,80) \cdot (2,80)^3} = 34,51 - 37,18 = 2,67 \text{ KN} / \text{m}^2$$

(se produce un despegue mínimo de la zapata en el estado de cargas más desfavorable, no superándose la tensión admisible del terreno en ningún momento, por lo que se considera que el predimensionado de la zapata es válido)

## 2.3. DETERMINACION DE ARMADURA DE LA ZAPATA

\* momento flector y cortante máximos obtenidos en la zapata:

$$M_{max} = 85,86 \text{ KN} \cdot \text{m} \times 1,50 \rightarrow M_d = 128,79 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$V_{max} = 98,73 \text{ KN} \times 1,50 \rightarrow V_d = 148,10 \text{ KN}$$

\* características del hormigón y acero empleados:

$$\text{HORMIGÓN HA-25} \quad f_{ck} = 25 \text{ N} / \text{mm}^2 \rightarrow f_{cd} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$\text{ACERO B-500S} \quad f_{yk} = 500 \text{ N} / \text{mm}^2 \rightarrow f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ N} / \text{mm}^2$$

\* Estimación de área de acero necesaria:

$$A_s = \frac{M_d}{0,80 \cdot h \cdot f_{yd}} = \frac{128,79 \times 10^6}{0,80 \times 1100 \times 434,78} = 336,60 \text{ mm}^2$$

\* Cuantías geométricas mínimas:

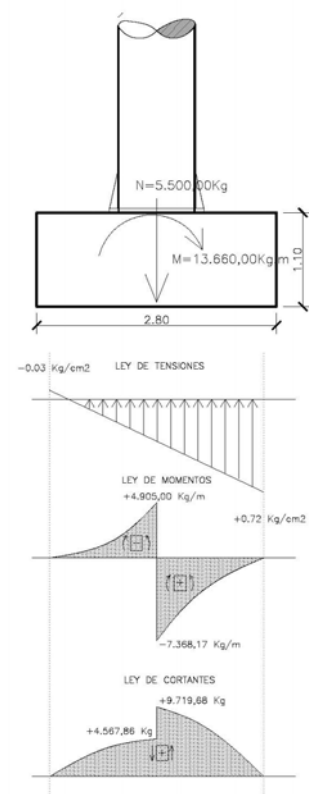
$$A_{s,min} = \frac{0,90}{1000} \times 2800 \times 1100 = 2.772,00 \text{ mm}^2$$

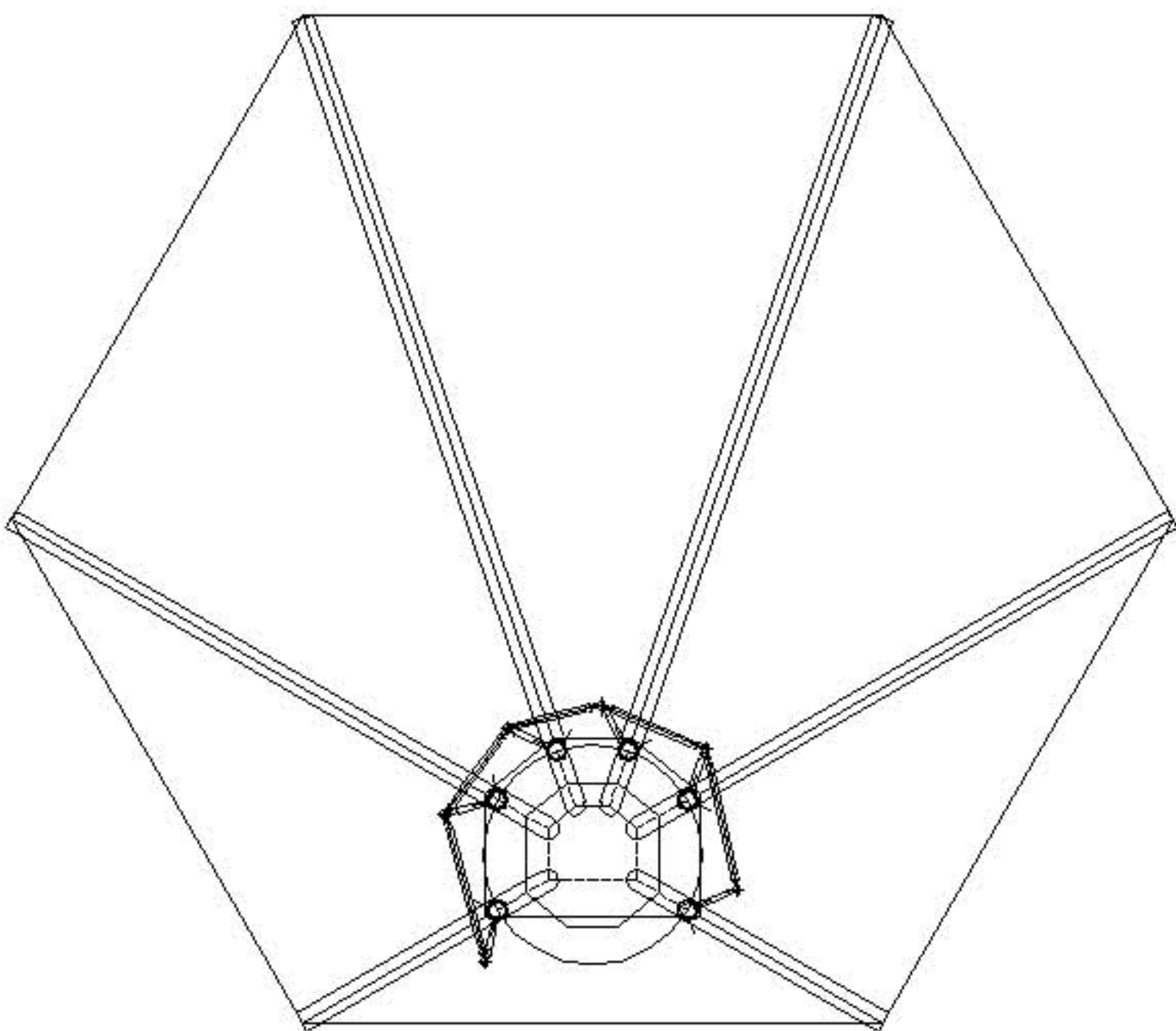
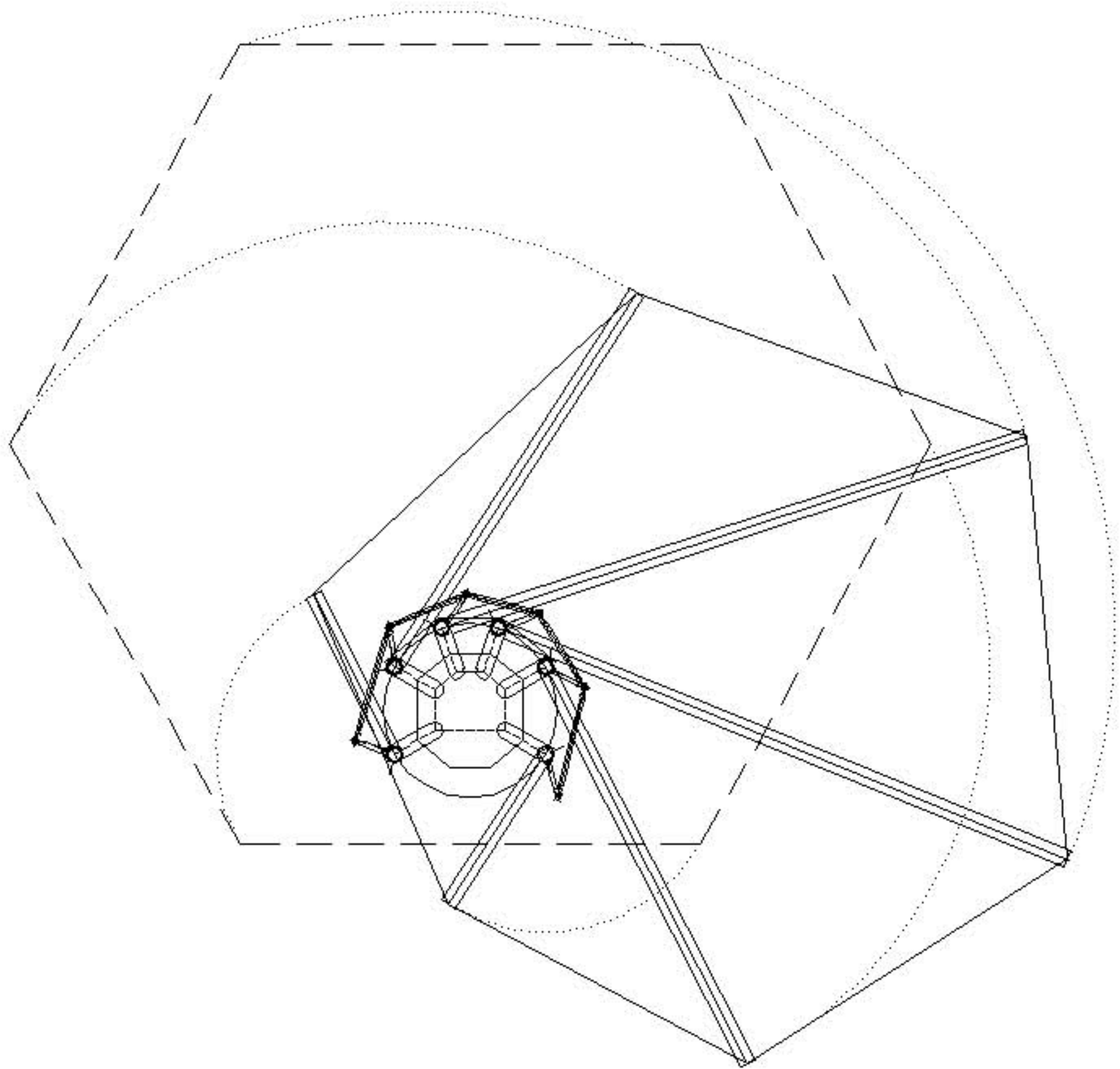
\* Area real de acero - armadura inferior:

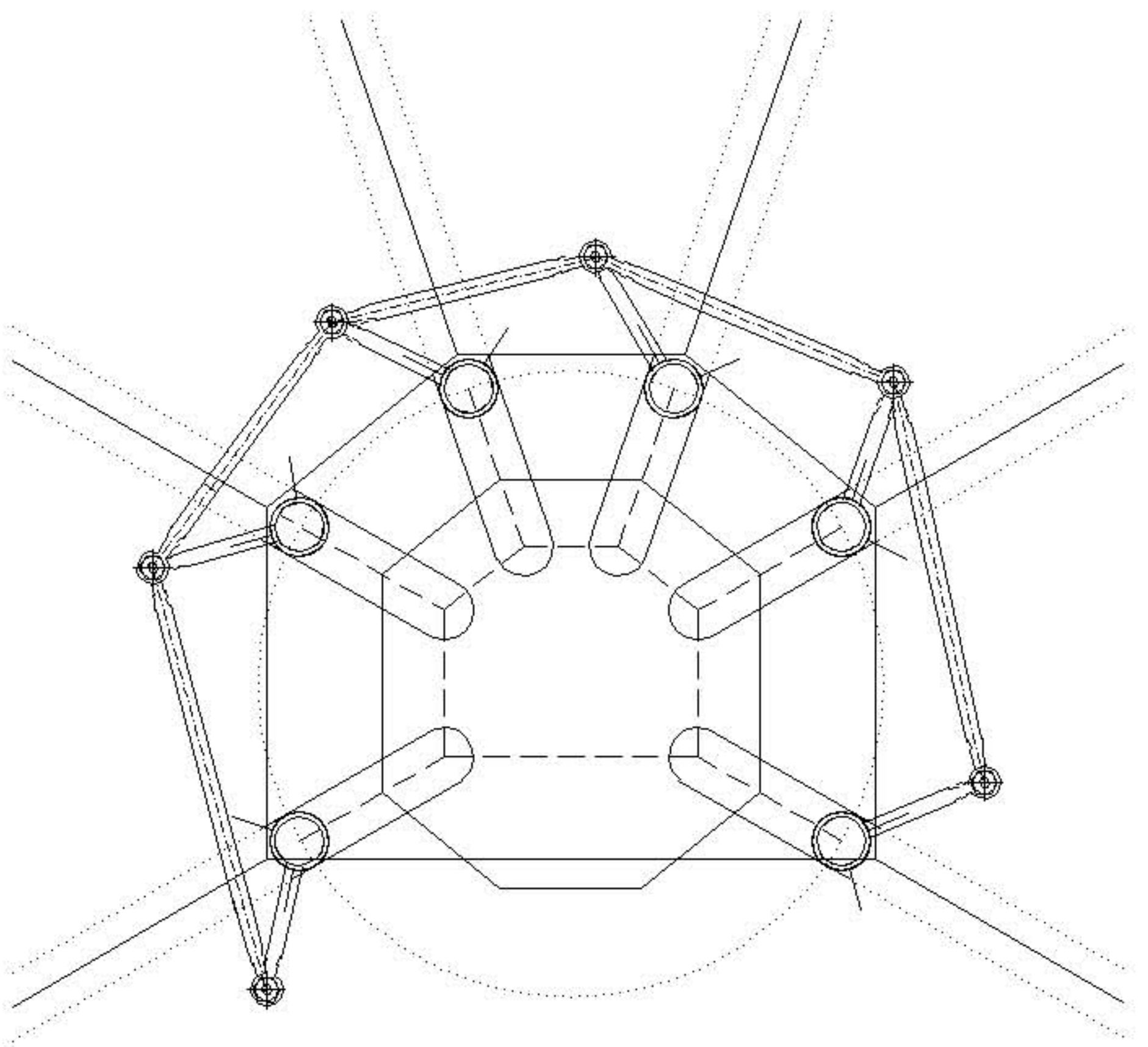
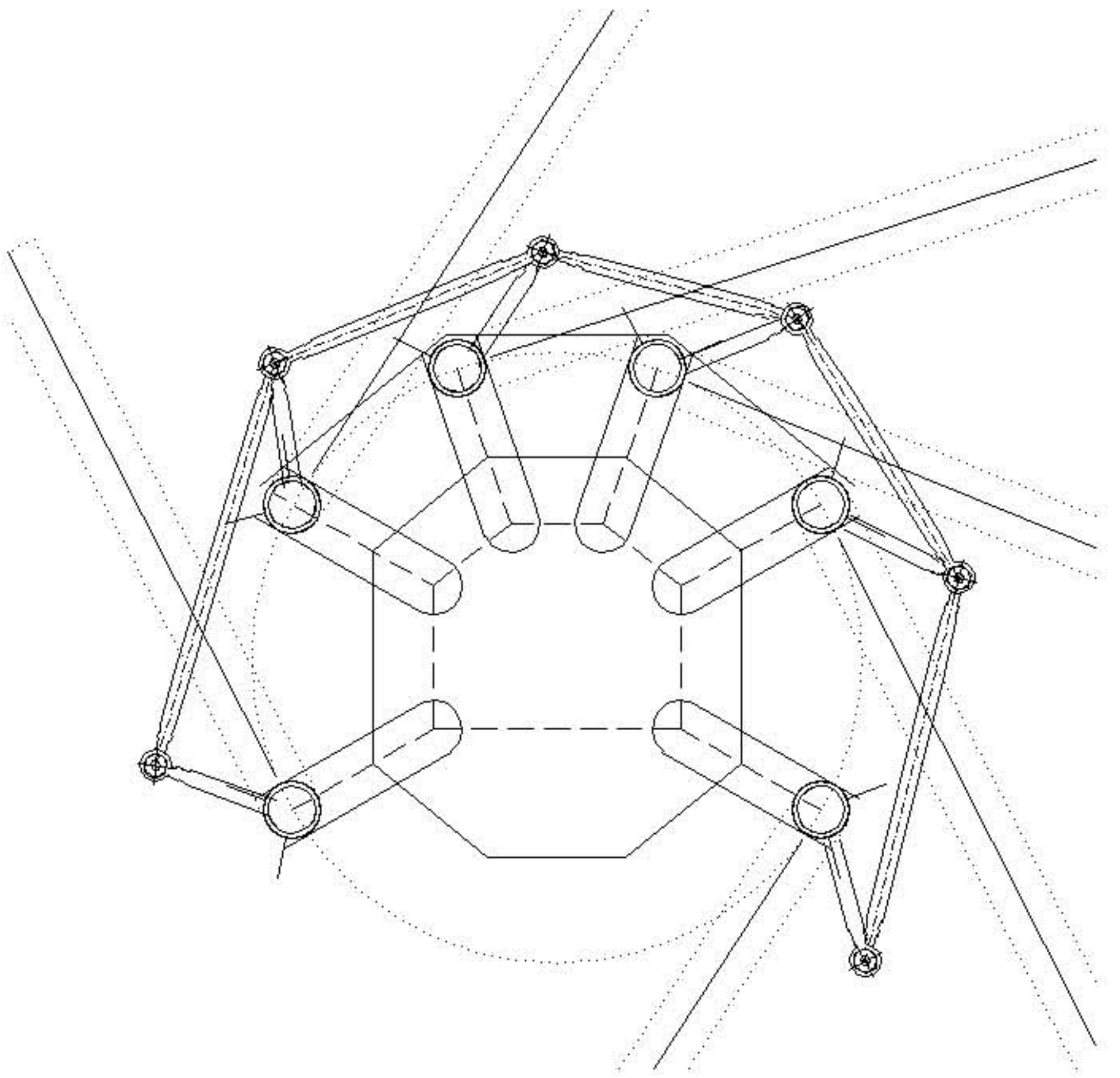
$$13 \phi 16 \rightarrow c/ 200 \text{mm} (2613,81 \text{ mm}^2)$$

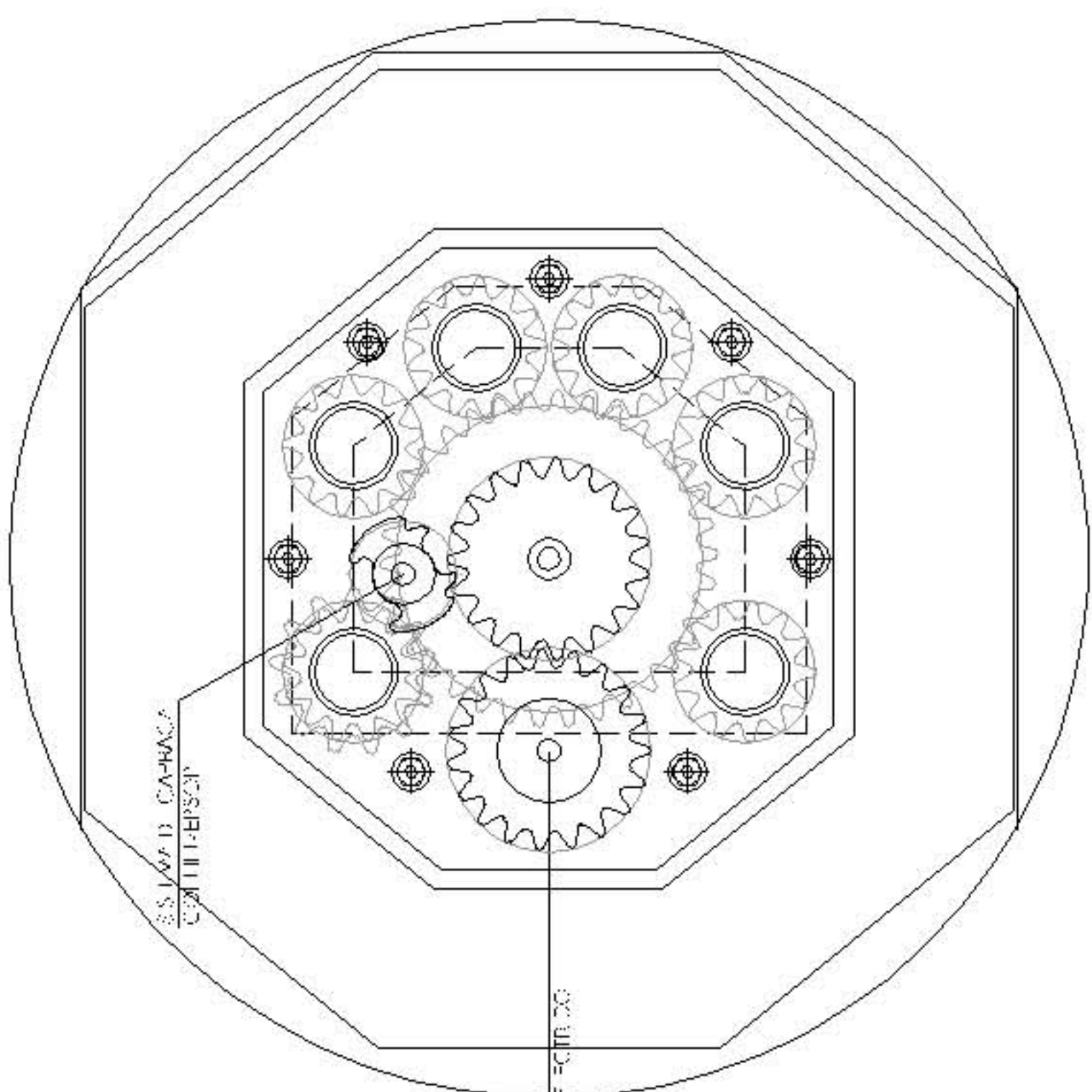
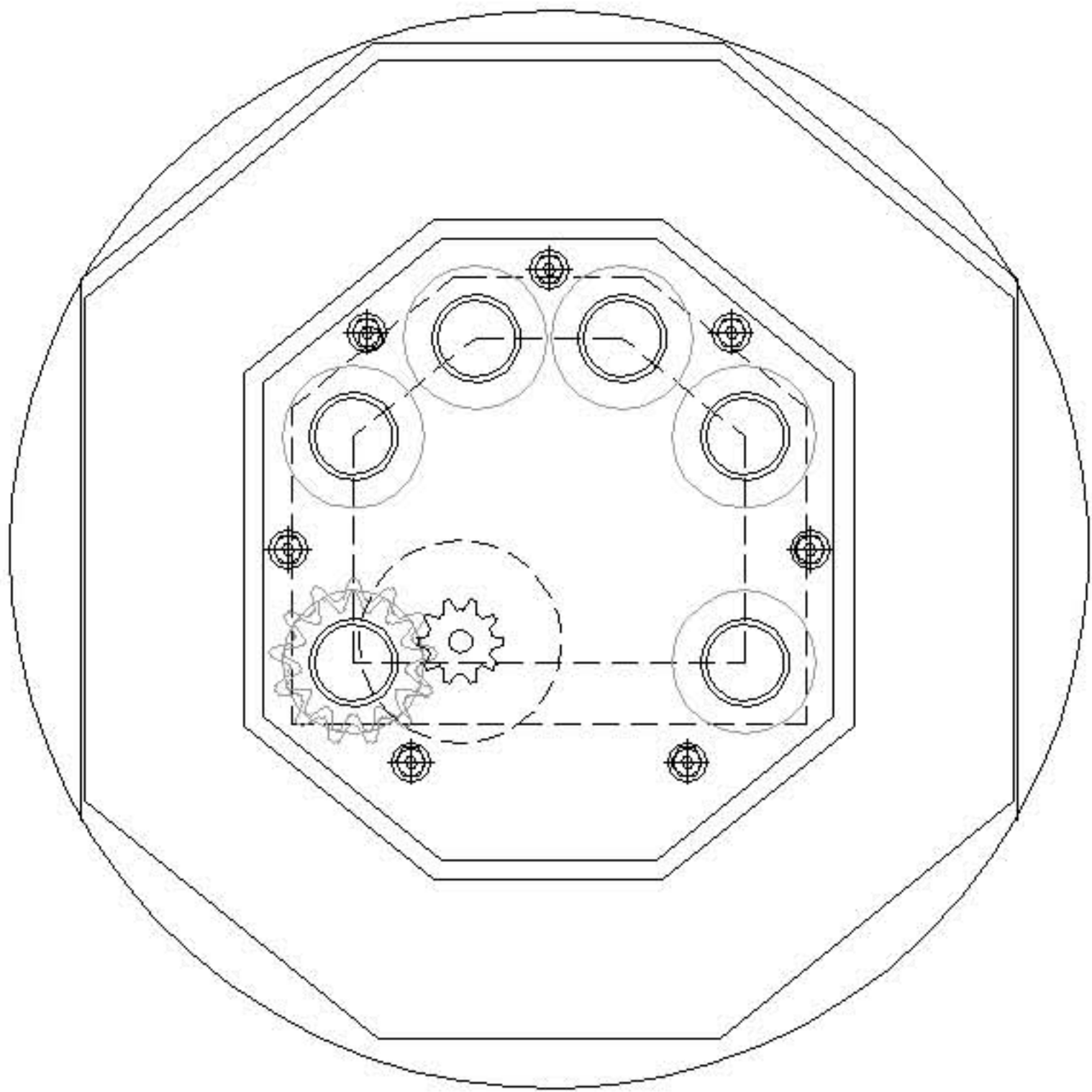
\* Area real de acero - armadura superior:

$$11 \phi 12 \rightarrow c/ 240 \text{mm} (1244,07 \text{ mm}^2)$$









ESQUEMA D. CA-1800  
 CA-111-1800

ACCIONAMIENTO MANUAL  
 V. 1000/1800 CA-1800/1800

