



	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DEL DOCUMENTO.: <b>IPE-2025-2977-S-MC-001</b>
	PROYECTO: <b>INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN COLPA</b>	HOJA:  1 de 21
	TÍTULO:  <b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	


## ÍNDICE DE REVISIONES

Fecha	Revisión	Observaciones
24-10-2025	A	Para Revisión del Cliente
05-11-2025	B	Para Revisión del Cliente

		
<b>Ing. Victor Hugo Perez</b> <b>Ingeniero de Proyecto</b>	<b>Ing. Juan Carlos Lino</b> <b>Especialista Civil</b>	<b>Ing. Andres Aguilar Ll.</b> <b>Gerente de Proyecto</b>
<b>ELABORADO POR</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>APROBADO POR</b>


ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE YPFB TRANSPORTE S.A. Y NO PODRÁ SER REPRODUCIDO O UTILIZADO PARA CUALQUIER FINALIDAD DIFERENTE DE AQUELLA PARA LA QUE HA SIDO SUMINISTRADO.

Archivo: IPE-2025-2977-S-MC-001-RB

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: <b>IPE-2025-2977-S-MC-001</b>
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	HOJA: 2 de 21
		REV: <b>A</b>

## ÍNDICE

<b>1. OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ALCANCE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. NORMAS DE REFERENCIA.....</b>	<b>3</b>
<b>4. DOCUMENTOS DE REFERENCIAS .....</b>	<b>3</b>
<b>5. PARÁMETROS DE DISEÑO.....</b>	<b>4</b>
5.1. Hormigón Estructural: .....	4
5.2. Suelo De Fundación : Recomendaciones Para Fundación De Maquinarias .....	4
<b>6. ANÁLISIS DE CARGAS PARA FUNDACIÓN DE COMPRESOR .....</b>	<b>8</b>
6.1. Carga por Peso y Funcionamiento del Equipo: .....	8
6.2. Carga por Peso Propio de la Fundación del Compresor .....	8
<b>7. verificaciÓN de la TENSIÓN admisible del suelo.- .....</b>	<b>9</b>
<b>8. CÁLCULO DE CORTANTE PARA FUNDACIÓN DEL COMPRESOR.....</b>	<b>11</b>
.....	11
<b>9. CÁLCULO DE ARMADURAS PARA FUNDACIÓN DEL COMPRESOR.....</b>	<b>12</b>
9.1. Idealización Soporte Elástico .....	12
9.2. Cálculo Por Software Ram Element.....	14
9.3. Cálculo de Armadura Por Cuantía Mínima.....	19
<b>10. ANÁLISIS DE CARGAS PARA FUNDACIÓN DE ENFRIADOR (COOLER).....</b>	<b>20</b>
<b>11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>21</b>

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: <b>IPE-2025-2977-S-MC-001</b>
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	HOJA: 3 de 21
		REV: <b>A</b>

## 1. OBJETIVO

El objetivo es calcular y diseñar, la fundación para un compresor y su respectivo enfriador (cooler) que serán instalados en la estación de compresión de Colpa como 4ta. Unidad. El diseño de la fundación se hará de tal forma que la presión producida por las cargas no sobrepase la tensión admisible del terreno, y que esta presión se distribuya uniformemente en el terreno para asegurar que no existan asentamientos diferenciales.

## 2. ALCANCE

El presente documento tiene como alcance realizar lo siguiente:


- Análisis de Cargas.
- Diseño y Verificación de la fundación.
- Dimensionamiento de la enmalladura para fundación.

## 3. NORMAS DE REFERENCIA

Referencia	Descripción
NB 1225001-1	Hormigón Estructural – Parte 1: Especificaciones.
NB 1225001-2	Hormigón Estructural – Parte 2: Comentarios
NBDS-2023	Norma Boliviana de Diseño Sísmico 2023
ACI 318-19	Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.
ASCE 7-16	Sociedad Americana de Ingenieros Civiles.
ACI 351.3R-04	Foundations for Dynamic Equipment:
API - 686	Recommended Practices for Machinery Installation and Installation Design).
SO 10816-3	Vibración Mecánica, Evaluación de la Vibración en Maquinas no Rotatorias.

## 4. DOCUMENTOS DE REFERENCIAS

Código	Título
--------	--------

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	4 de 21
		REV:
		<b>A</b>

IPE-2025-2977-G-MD-003	Bases de Diseño de Obras Civiles
SC-E30-CI-00-05-01 de 01	Plan General de Ubicación de Obras Civiles - Área Instalación 4ta y 5ta UCG.
SC-E30-CI-00-09-01 de 16	Fundación Compresor y Cooler 4ta unidad Vista en Planta (Colpa)
IPE-2025-2977-S-EG-001	Informe de Estudio Geotécnico y Ensayos realizados (SPT)
IPE-2025-2977-S-IT-001	Informe de Relevamiento de Datos Topográficos
SC-E30-TO-00-05-01 de 01	Planos Topográficos

## 5. PARÁMETROS DE DISEÑO

### 5.1. Hormigón Estructural:


Hormigón Estructural	Valores
Hormigón Estructural	H-21
Resistencia a la Compresión	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Peso Especifico	$\gamma \text{ H}^\circ\text{A}^\circ = 2400 \text{ kg/m}^3$
Módulo de Elasticidad del hormigón ( $E_c$ )	$2.10\text{E}+05 \text{ kg/cm}^2$
<b>Barras de Acero para Armaduras</b>	
Límite de Fluencia de <b>diseño</b> del Acero ( $F_y$ )	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
<b>Recubrimiento</b>	
Barra de Acero en contacto con el suelo	75 mm
Barra de Acero cuando se use encofrado	50 mm

### 5.2. Suelo De Fundación : Recomendaciones Para Fundación De Maquinarias

La siguiente descripción fue extraída del informe de Estudio Geotécnico, realizado en el área de proyecto por una empresa en estudios de suelo, y recomienda lo siguiente:

Se recomienda fundaciones superficiales tipo plateas o en su defecto exista mucha vibración serían macizos de cimentación (tipo cabezal) esto para que las vibraciones parte las absorba el macizo, cuando las vibraciones son excesivas las fuerzas de inercia adquieren importancia en relación a las estáticas y se deben aplicar criterios especiales en el diseño de estas fundaciones y para analizar el comportamiento y la deformación del suelo.

Pero por lo general el tipo de cimientos son superficiales y asentados de forma superficial, se

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	5 de 21
		REV:
		<b>A</b>

recomienda una profundidad no menor de 0.50 metros de tal manera para no asentar sobre materiales con restos orgánicos (raíces) o evitar posibles erosiones. .

La capacidad portante del subsuelo recomendable o tensión admisible de trabajo máximo se recomienda adopta:

**$q_{adm} = 0.80 \text{ Kg/cm}^2$** , si se asienta en el suelo natural y se realiza un drenaje

Para el diseño de la fundación, se utilizará el método empírico o regla de oro, donde establece aumentar el peso o masa del equipo por 3 veces , para determinar un área de macizo resistente a la carga propia del equipo como a su vez a las vibraciones que pudieran presentarse de acuerdo a las características del equipo.


Podría realizarse una estabilización del suelo, hoy día existen soluciones desarrolladas con ingeniería y tecnología para cada caso, como los GEO SINTÉTICOS, otros no tan recientes como suelo cemento, o las más antiguas y más conocidas que es el mejoramiento de suelos mediante un retiro más cambio y compactación por otro suelo más estable al agua, para poder optar por este tipo de fundaciones superficial del tipo zapata.

A continuación, se presenta la tabla 9 es un resumen de los coeficientes de suelos recomendados, donde muchos son hallados indirectamente (no por ensayo) en función al suelo y al número de golpes del SPT, como por ejemplo el coeficiente de balasto, el cual es hallado “tensión admisible vs coeficiente de balasto” por el trabajo en mecánica de suelos que han realizado el Prof. Terzaghi y otros ingenieros connotados (en diferentes épocas). La cual se extrajo de la Tesis de maestría “Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler”, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona- España. 1993 (Autor Ing. Nelson Morrison).

CUADRO DE RESUMEN DEL COEFICIENTE RECOMENDADOS								
CLASIFICACION	COEF. BALASTO		Angulo de Friccion Interna	Cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	Coef. de Poisson	Modulo Transversal "Gs" (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad Natural "γm" (gr/cm <sup>3</sup> o tn/m <sup>3</sup> )	MODULO DE ELASTICIDAD LONGITUDINAL
	Tension Adm (kg/cm <sup>2</sup> )	K30 (kg/cm <sup>3</sup> )						Es (kg/cm <sup>2</sup> )
SUSC								
Arenas arcillosas de baja plasticidad	1.50	3.15	20°	0.120	0.30	99	1.860	175
Arenas limosas con gravas (Cambio de material)	1.80	3.82	30°	0.00	0.25	160	1.960	280





	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	8 de 21
		REV:
		<b>A</b>

## 6. ANÁLISIS DE CARGAS PARA FUNDACIÓN DE COMPRESOR

### 6.1. Carga por Peso y Funcionamiento del Equipo:

Peso Compresor = 40690 lbs = 18456.67 kg

Este dato fue proporcionado por YPFB TR, extraído de hoja de plano escaneado del equipo compresor (Dresser-Rand – Data 29-Sep.-1993).

APPROX. WEIGHTS :	
ENGINE/COMPRESSOR SKID	40.690 LBS.
COOLER	11.000 LBS.
TOTAL WEIGHT	51.690 LBS.

### 6.2. Carga por Peso Propio de la Fundación del Compresor

Pp = Peso propio de fundación

Se adoptará las dimensiones de la fundación para el skid del compresor, y se calculará el espesor de la fundación en función al criterio de mayoración de la carga del equipo compresor, esta mayorandola 3 veces el peso del equipo.

A seguir el desarrollo para la determinación del

Lx = Lado paralelo al eje X = 6.65 m

Ly = Lado paralelo al eje Y = 3.50 m

Lz = Altura de Fundación = a determinar

$\gamma$  = Peso Específico del Hormigón = 2400 kg/m<sup>3</sup>


Considerando que la fundación del equipo sea igual a 3 veces el peso propio del equipo, es decir:

$$Pp = 3 \times (W1)$$

$$Pp = (6.65 \text{ m}) (3.50 \text{ m}) (Lz) (2400 \text{ Kg/m}^3) = 3 (18456.67 \text{ kg})$$

De la anterior expresión matemática ,encontramos el valor de Lz:

Lz = 0.991 m , adoptamos **Lz = 1.00 m.**

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	9 de 21
		REV:
		<b>A</b>

## 7. VERIFICACIÓN DE LA TENSIÓN ADMISIBLE DEL SUELO.-

Se realizó una verificación de la tensión admisible del suelo de fundación con el peso del equipo + el peso propio de la fundación.

Datos :

$W1 = 18456.67 \text{ kg}$  (Peso del Equipo)

$Pp = 55860 \text{ kg}$  (Peso Propio de la Fundación)

Peso Total =  $W1 + Pp = 74316.67 \text{ kg}$

$Ly = 3.50 \text{ m}$  (ancho de la fundación)

$Lx = 6.65 \text{ m}$  ( largo de la fundación)

$Lz = 1.60 \text{ m}$  (altura de la fundación).

$qadm = 0.80 \text{ kg/cm}^2$

$qadm/3 = 0.266 \text{ kg/cm}^2$

Verificación de la presión ejercida por el equipo + pp fundación sobre el suelo:

$qo = (W1 + Pp) / A$

$A = (350 \text{ cm}) (665 \text{ cm}) = 232750 \text{ cm}^2$


$qo = 74316.67 \text{ kg} / (232750 \text{ cm}^2)$

$qo = 0.319 \text{ kg/cm}^2$

Por lo tanto :  **$qo < qadm/3$  ( $0.319 \text{ kg/cm}^2 > 0.266 \text{ kg/cm}^2$ ), no cumple.**

Se deberá realizar un cambio de material portante de suelo para mejorar las condiciones de soporte y pueda cumplir con la capacidad admisible del suelo dividida entre 3.

Para ello se realizará un análisis por el método 2:1 para estimar cuanto de espesor se deberá retirar y cambiar por un suelo mejorado.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	10 de 21
		REV:
		<b>A</b>

Datos:

q adm. (adoptado) =	0,80	kg/cm2	Tensión admisible del suelo
PT (Equipo + Fund.) =	74316,67	kg	Suma de Peso Equipo + Fundación
LY=	350	cm	Lado menor de la fundación
LX=	665	cm	Lado mayor de la fundación
qo=	0,319	kg/cm2	Presión Estática , PT/ (LX * LY)
q adm (adoptado) / 3 =	0,267	kg/cm2	Tensión admisible entre 3.

**Tabla 2:** Parámetros de Verificación para Mejoramiento Suelo


En la siguiente tabla; aplicamos el método 2:1 para determinar el incremento del esfuerzo debajo de la fundación del equipo:

$$q_z = (q_o * LX * LY) / ((LX + Z) * (LY + Z))$$

Prof. "Z"(cm)	"LY" (cm)	"LX" (cm)	LY+Z	LX+Z	qo (kg/cm2)	qz (kg/cm2)
0,0	350	665	350,0	665,0	0,319	0,319
10	350	665	360,0	675,0	0,306	0,293
20	350	665	370,0	685,0	0,293	0,269
30	350	665	380,0	695,0	0,281	0,248
40	350	665	390,0	705,0	0,270	0,229
50	350	665	400,0	715,0	0,260	0,211
60	350	665	410,0	725,0	0,250	0,196
70	350	665	420,0	735,0	0,241	0,182
80	350	665	430,0	745,0	0,232	0,169
90	350	665	440,0	755,0	0,224	0,157
100	350	665	450,0	765,0	0,216	0,146
110	350	665	460,0	775,0	0,208	0,136
120	350	665	470,0	785,0	0,201	0,127

**Tabla 3:** Determinación de qz para diferentes profundidades

Posteriormente analizamos la profundidad a la que se aplicara un cambio de material de suelo compactado para cumplir con la tensión admisible / 3 .

	TIPO DE DOCUMENTO:		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>		<b>IPE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:		HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>		11 de 21
			REV:
			<b>A</b>

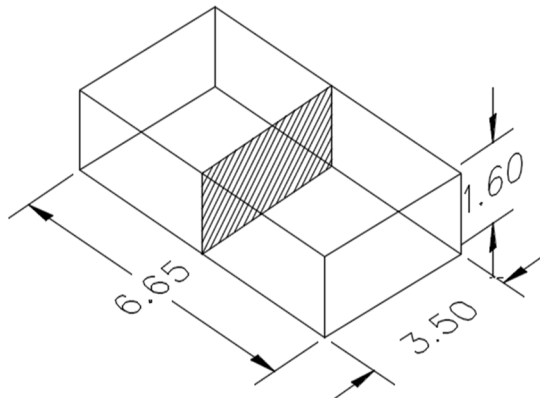
Prof. "Z"(cm)	qz (kg/cm2)	Condición a Cumplir	q adm / 3 (kg/cm2)	Verificación
0	0,319	<	0,267	no,cumple
10	0,293	<	0,267	no,cumple
20	0,269	<	0,267	no,cumple
30	0,248	<	0,267	sí,cumple
40	0,229	<	0,267	sí,cumple
50	0,211	<	0,267	sí,cumple
60	0,196	<	0,267	sí,cumple
70	0,182	<	0,267	sí,cumple
80	0,169	<	0,267	sí,cumple
90	0,157	<	0,267	sí,cumple
100	0,146	<	0,267	sí,cumple
110	0,136	<	0,267	sí,cumple
120	0,127	<	0,267	sí,cumple

**Tabla 4:** Profundidad de Cambio de Material

De acuerdo a la tabla 4, observamos que, para una profundidad mayor a 30 cm es necesario el cambio de material , por un suelo mejorado y compactado al 98% de la densidad máxima según PROCTOR T-180 Modificado, en capas de 20 cm., hasta el nivel de desplante o cota de fundación con la finalidad de uniformizar la compacidad de los suelos.

Este suelo mejorado se podrá usar materiales granulares , A-2-3 o A-2-4, tipo capa base.

## 8. CÁLCULO DE CORTANTE PARA FUNDACIÓN DEL COMPRESOR



$$fvd = 0.5 \times \sqrt{fcd}$$


$$fvd = 0.5 \times \sqrt{140} = 5.92 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\frac{N \times \gamma_f}{A} \leq fvd$$

$$d=52.5 \text{ cm}$$

$$(18456.67 \times 1.6) / (350 \times 92.5) \leq 5.92$$

$$0.912 \frac{kg}{cm^2} \leq 5.92 \frac{kg}{cm^2} \text{ cumple!!}$$

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	12 de 21
		REV:
		<b>A</b>

$$N = 18456.67 \text{ kg}$$

$$V_d = 1.6 \times N = 1.6 (18456.67 \text{ kg}) = 29530.67 \text{ kg}$$

$$V_{cu} = 0.3 f_{cd} \times b \times d$$

$$V_{cu} = 0.3 \times 140 \text{ kg/cm}^2 \times 350 \text{ cm} \times 92.5 \text{ cm}$$

$$V_{cu} = 1359750 \text{ kg}$$

La condición para que no exista compresión oblicua del hormigón es que  $V_d \leq V_{cu}$ , lo cual satisface.


## 9. CÁLCULO DE ARMADURAS PARA FUNDACIÓN DEL COMPRESOR

### 9.1. Idealización Soporte Elástico

La losa de fundación se analizará como losa flexible discretizado en placas de 0.95 cm x 0.91 cm aprox, usando el coeficiente de balasto de  $7 \text{ kg/cm}^3$ .

Visión primaria	Grupo de suelos y descripción típica	Símbol o	K (kgs/cm <sup>2</sup> )
Gravas y Suelos con grava	Gravas con buena granulometría o mezclas de arena y grava. Pocos finos.	GW	14-20
	Mezclas de arcillas-arena-grava, con buena granulometría, excelente trabazón.	GC	11-20
	Gravas con pobre granulometría y mezclas de arena y grava. Pocos finos.	GP	8-14
	Gravas con finos, gravas limosas, gravas arcillosas. Mezclas arcilla, arena y grava con mala granulometría.	GF	7-14
Arenas y suelos Arenosos	Arenas con buena granulometría y arenas con grava. Pocos finos.	SW	7-16
	Mezclas de arenas y arcillas con buena granulometría. Excelente trabazón.	SC	7-16
	Arenas con mala granulometría. Pocos finos.	SP	5,5-9
	Arenas con finos, arenas limosas, arenas arcillosas. Mezclas arena-arcilla con mala granulometría.	SF	5-9
Suelos de grano fino con baja o media plasticidad.	Limos inorgánicos y arenas finas. Polvo rocoso, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad.	ML	4-8,5
	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	CL	3,5-6
	Limos orgánicos y limo-arcillas de baja plasticidad.	OL	3-5
Suelos con grano Fino de plasticidad alta	Suelos arenosos finos, con mica o tierra de diatomeas, limos elásticos.	MH	1,5-5
	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta, arcilla gruesas.	CH	1,5-4
	Arcillas inorgánicas de plasticidad media a alta.	OH	1,5-3,5

**Tabla 5:** Valores del módulo de balasto o reacción.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	13 de 21
		REV:
		<b>A</b>

Ancho B=3.50 m

Largo L =6.65 m

$$K_{S(rectangular)} = \frac{2}{3} K_{S(cuadrado)} \left( 1 + \frac{B}{2L} \right)$$

$$K_{S(cuadrado)} = K_{S(30)} * \left[ \frac{(b+0,30)}{2b} \right]^2$$

Dónde:

$K_{S(cuadrado)}$  = Valor del módulo de balasto para una sección cuadrada en KN/m<sup>3</sup>. De la tabla 2 se obtiene el valor de  $K_{S(30)}$

$$K_{S(30)} = 7.00 \text{ kg/cm}^3 [7000000 \text{ kg/m}^3]$$

- Para calcular el valor  $K_{S(cuadrado)}$ , se usará expresión para suelos arenosos:

$$K_{S(cuadrado)} = K_{S(30)} * \left[ \frac{(b+0,30)}{2b} \right]^2$$

$$- K_{S(cuadrado)} = 7000000 \text{ kg/m}^3 [ (3.50 + 0.30) / (2 \times 3.50) ]^2 = 2062857.14 \text{ kg/m}^3$$

$$K_{S(rectangular)} = \frac{2}{3} K_{S(cuadrado)} \left( 1 + \frac{B}{2L} \right)$$


$$- K_{S (Rectangular)} = 2/3 \times (2062857.14) \times [1 + 3.50 / (2 \times 6.65)] = 1737142.86 \text{ kg/m}^3$$

- Entonces el valor de  $T_y$  que usaremos en el programa de cálculo estructural RAM Elements será:

Área Apoyo Elástico 0.50 m x 0.554 m

$$T_y = K_{S (Rectangular)} \times \text{Área Apoyo Elástico} = 1737142.86 \text{ kg/m}^3 \times (0.50 \text{ m} \times 0.554 \text{ m})$$

$$T_y = 481188.571 \text{ kg/m} \quad (4.811 \text{ t/cm})$$

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	IPE-2025-2977-S-MC-011
	TÍTULO:	HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD	14 de 21
		REV:
		A

## 9.2. Cálculo Por Software Ram Element

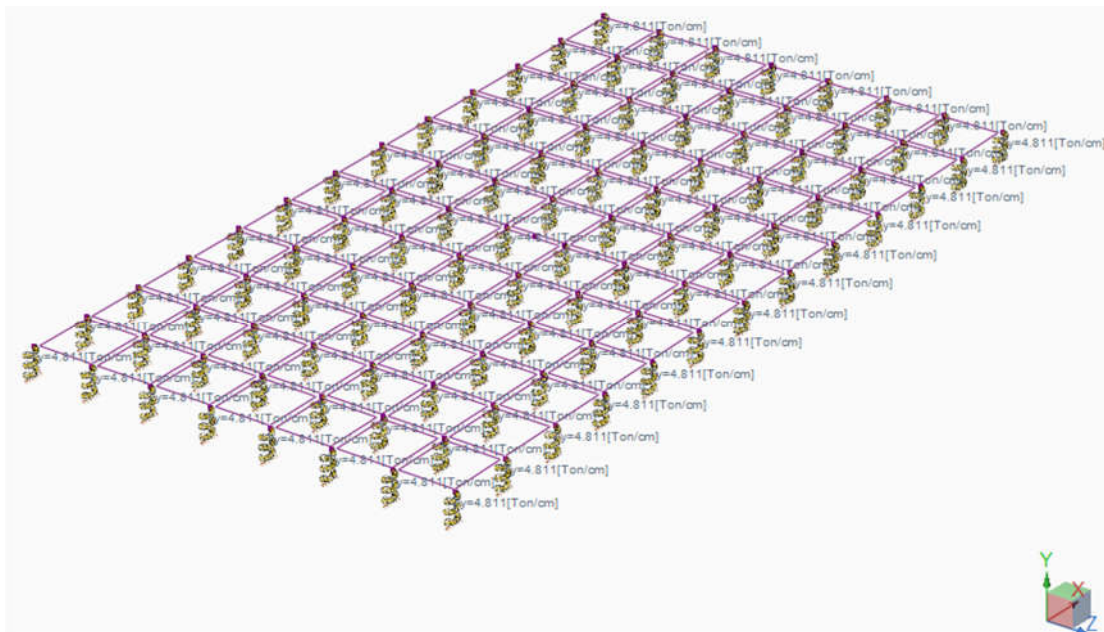


Figura N° 1 – Losa de Fundación Idealizada en Ram Element

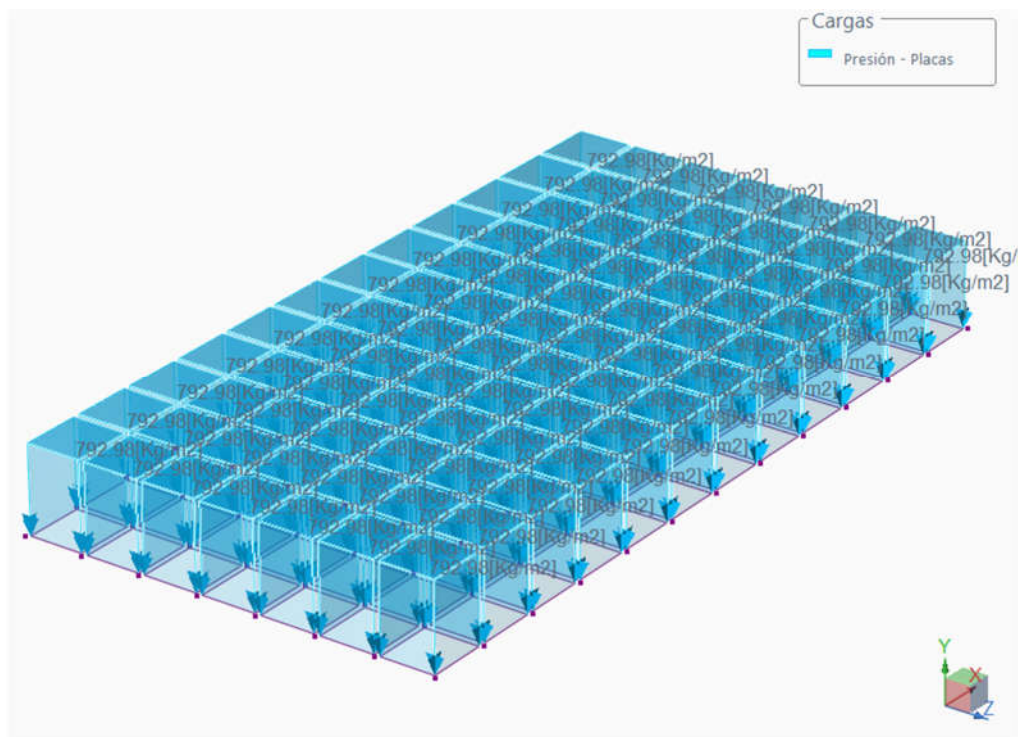

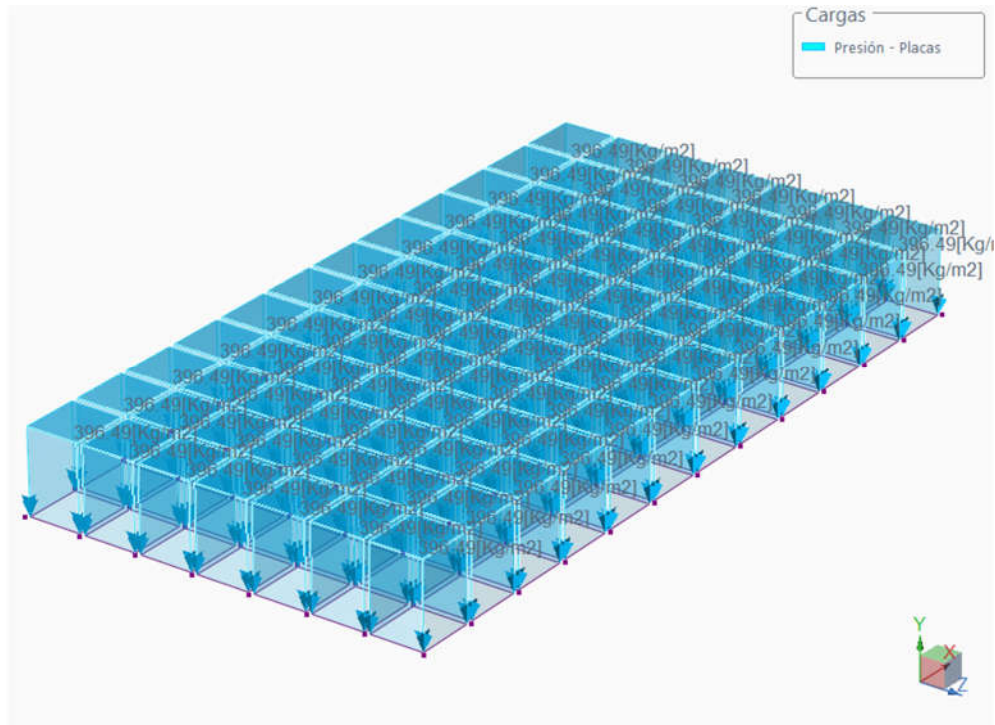
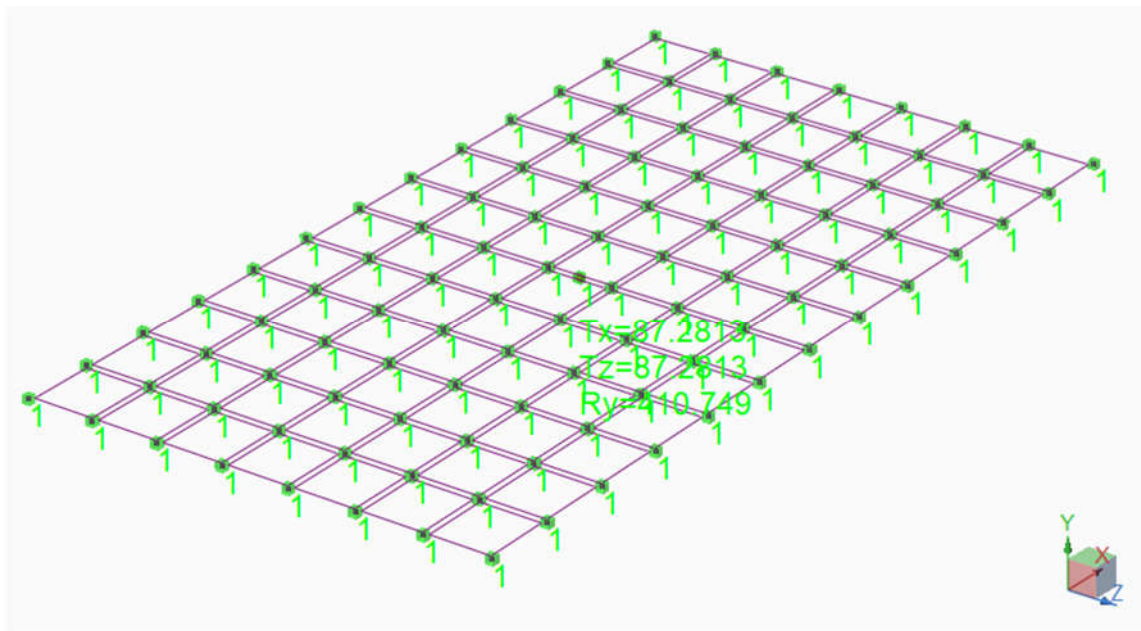



Figura N° 2 – Cargas Vivas (LL – Peso Equipo Compresor)

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	15 de 21
		REV:
		<b>A</b>



**Figura N° 3 – Cargas de Impacto (50 % Carga Viva)**



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	16 de 21
		REV:
		<b>A</b>

**Aceleración del sismo**

Factor de escala

Dirección (grados)

Dirección

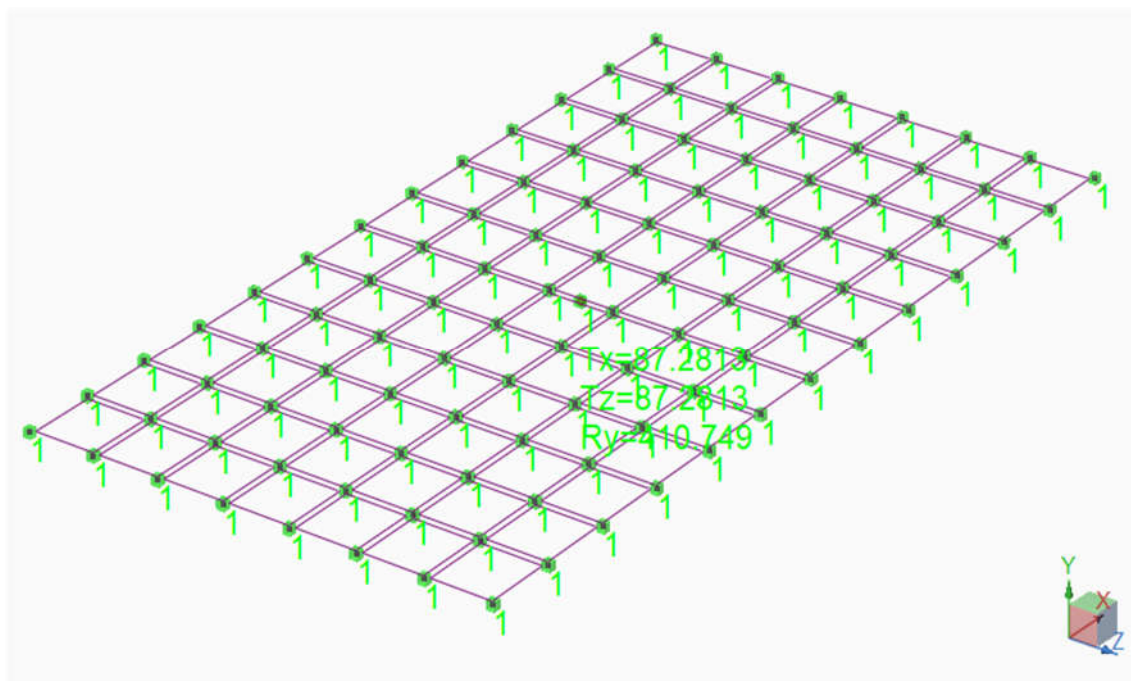
- 0 para sismo en X
- 90 para sismo en Z
- 90 para sismo en -Z
- 180 para sismo en -X


Amortiguamiento (%)

**Espectro de respuesta**

T(período)	Acel (a/g)
0	0.13
0.05	0.1638
0.1	0.1977
0.15	0.2315
0.2	0.2653
0.25	0.2991
0.3	0.325
0.4	0.325
0.45	0.325
0.6	0.325
0.7	0.325
0.8	0.325
1	0.3123
1.2	0.2602
1.5	0.2082
2	0.1561
2.5	0.1249
3	0.1041
3.5	0.0892
4	0.0781
4.5	0.0694
5	0.0625
5.5	0.0568
6	0.052
6.5	0.048
7	0.0446
7.5	0.0416
8	0.0375
8.5	0.0332
9	0.0296
9.5	0.0266
10	0.024

**Figura N° 4 – Carga Sísmica en X**



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	IPE-2025-2977-S-MC-011
	TÍTULO:	HOJA: 17 de 21
	MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD	REV: A

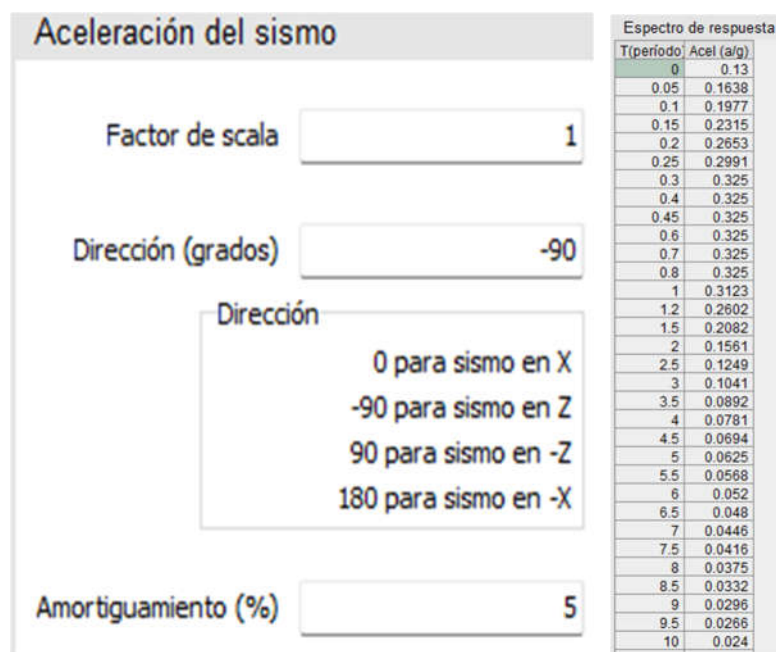


Figura N° 5 – Carga Sísmica en Z

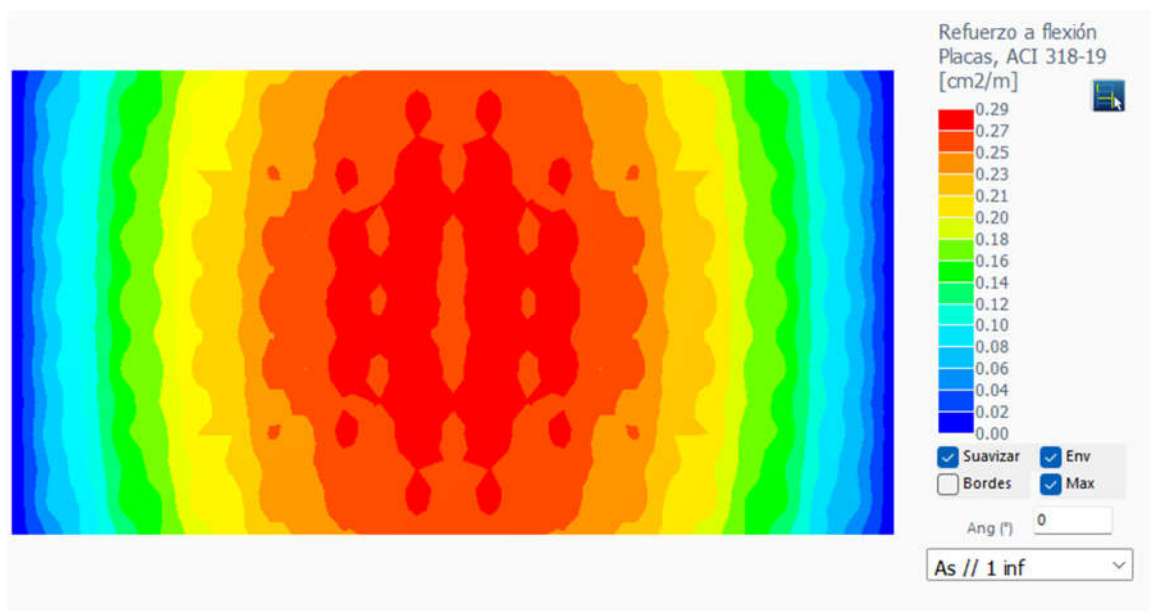

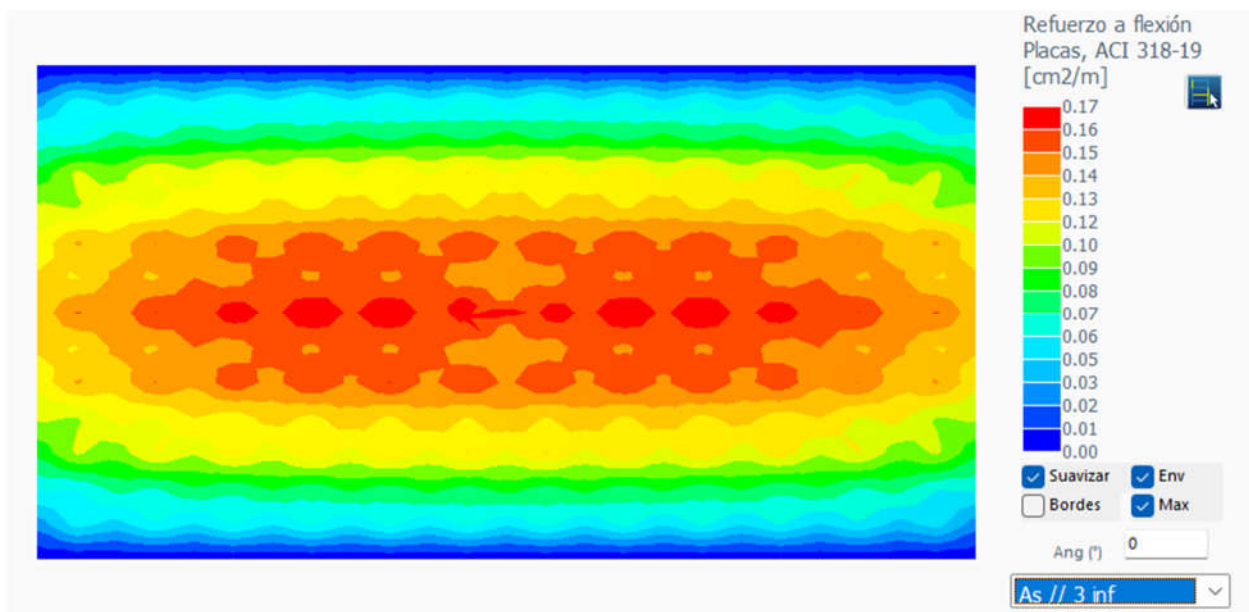


Figura N° 6 – Armadura As // 1 Inf


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-011</b> HOJA: 18 de 21
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA            COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	REV: <b>A</b>

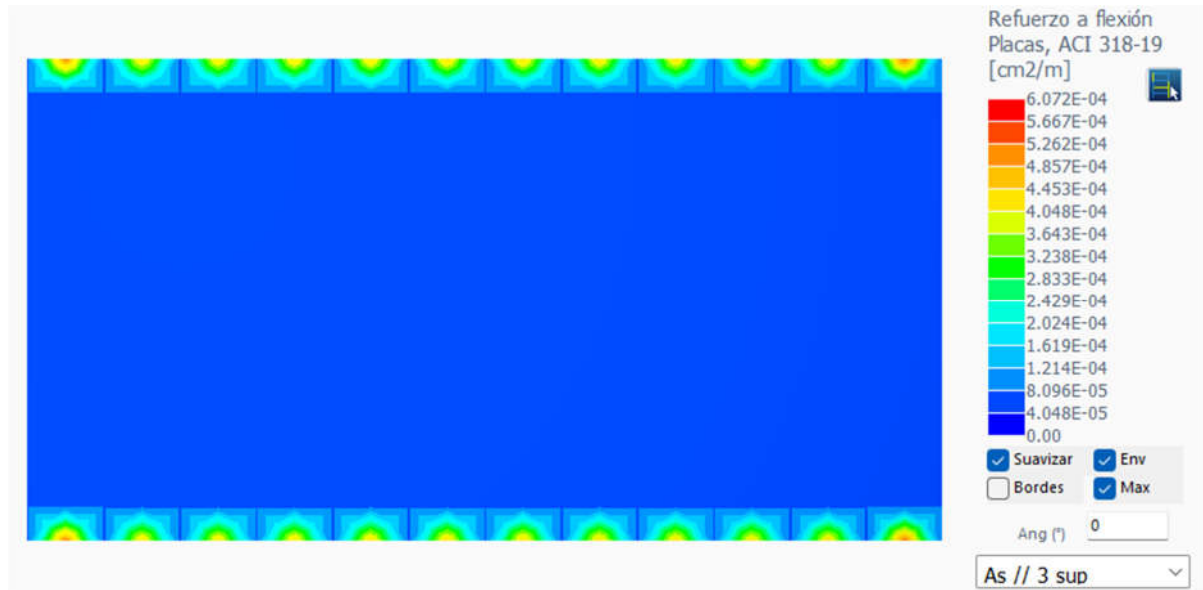


**Figura N° 7 – Armadura As // 1 Sup.**



**Figura N° 8 – Armadura As // 3 Inf.**

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	19 de 21
		REV:
		<b>A</b>



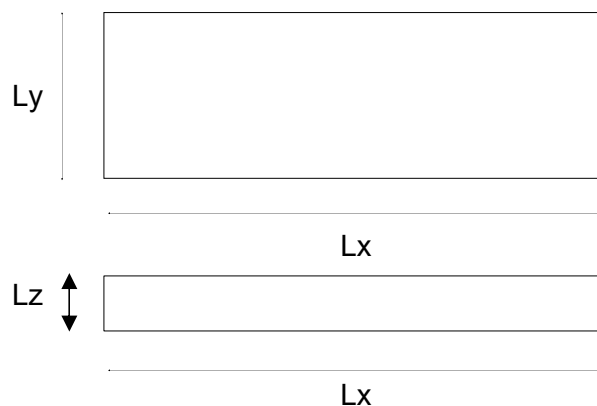
**Figura N° 9 – Armadura As // 3 Sup.**

Detallamiento de Armadura según Reporte Ram Element:

Máximo Armadura =  $0.29 \text{ cm}^2/\text{m}$

Utilizando barras corrugadas de


### 9.3. Cálculo de Armadura Por Cuantía Mínima



**Para el plano x-x**

$$Asx = \varphi * Lx * Lz$$

$$\varphi = 0.0015$$

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	20 de 21
		REV:
		<b>A</b>

$$Lx = 665 \text{ cm}$$

$$Lz = 100 \text{ cm}$$

$$Asx = 99.75 \text{ cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{ Barras } (\varnothing 16) = 99.75 \text{ cm}^2 / 2.01 \text{ cm}^2 = 49.62 \text{ barras,}$$

**Se adopta 2 barras Ø 16 c/25 cm**

**Para el plano y-y**

$$Asx = \varphi * Ly * Lz$$

$$\varphi = 0.0015$$

$$Ly = 350 \text{ cm}$$

$$Lz = 100 \text{ cm}$$

$$Asx = 52.5 \text{ cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{ Barras } (\varnothing 16) = 52.5 \text{ cm}^2 / 2.01 \text{ cm}^2 = 26.11 \text{ barras}$$

**Se adopta 2 barras Ø 16 c/25 cm**

## **10. ANALÍISIS DE CARGAS PARA FUNDACIÓN DE ENFRIADOR (COOLER)**

$$\text{Peso del Enfriador } (W2) = 11000 \text{ lb} = 4989.52 \text{ kg}$$

Asumiendo el ancho y largo de la fundación Calculamos el alto de la losa:

$$\mathbf{A = 2.63 \text{ m}}$$

$$\mathbf{B = 4.67 \text{ m}}$$

$$PE = 2400 \text{ kg/m}^3 \text{ (Peso específico del hormigón)}$$

$$h = 3 (W2) / (PE \times A \times B) = (3 \times 4989.52 \text{ kg}) / (2400 \text{ kg/m}^3 \times 2.63 \text{ m} \times 4.67 \text{ m})$$

$$h = 0.507 \text{ m}$$

$$h = 0.51 \text{ m (Asumido)}$$

El peso de la fundación será:

$$W4 = PE \times A \times B \times h = (2400 \text{ kg/m}^3) (2.63 \text{ m}) (4.67 \text{ m}) (0.51 \text{ m})$$


$$W4 = 15033.29 \text{ kg}$$

La presión sobre el terreno será:

$$Pt = (W2 + W4) / (A * B) = (4989.52 \text{ kg} + 15033.29 \text{ kg}) / (2.63 \text{ m} \times 4.67 \text{ m})$$

$$Pt = 1630.24 \text{ kg/m}^2 = 0.163 \text{ kg / cm}^2 < \text{Presión Admisible del terreno } (0.80 \text{ kg / cm}^2)$$

Dadas las características de la fundación, las solicitaciones a la que estará sometida son mínimas, requiriendo para su armado las limitaciones de cuantía mínima permitida.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-011</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIÓN PARA COMPRESOR Y COOLER 4TA UNIDAD</b>	21 de 21
		REV:
		<b>A</b>

$$A_c = b \cdot H = (100 \text{ cm})(51 \text{ cm}) = 5100 \text{ cm}^2$$

$$\rho = 0.0015 \text{ (cuantía geométrica mínima según ACI 318)}$$

$$A_o = \rho \cdot A_c = 0.0015(5100 \text{ cm}^2) = 7.65 \text{ cm}^2$$

$$A_o(\varnothing 12 \text{ mm}) = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\text{No barras} = A_o/A_o(1/2") = (7.65 \text{ cm}^2)/(1.22 \text{ cm}^2) = 6.27 \text{ pzas.}$$

$$\text{Separación} = b/\text{No barras} = (100 \text{ cm})/(7 \text{ pza}) = 14 \text{ cm}$$

$$A_o(\varnothing 16 \text{ mm}) = 2.01 \text{ cm}^2$$

$$\text{No barras} = A_o/A_o(\varnothing 16) = (7.65 \text{ cm}^2)/(2.01 \text{ cm}^2) = 3.80 \text{ pzas. adoptado 4 pzas.}$$

$$\text{Separación} = b/\text{No barras} = (100 \text{ cm})/(4 \text{ pzas}) = 25 \text{ cm}$$

Se asume:

$$A_o = 1 \text{ barra de } \varnothing 16 \text{ cada } 25 \text{ cm}$$

Armado en ambos sentidos arriba y abajo.

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las fundaciones para las Compresor y Enfriador para la 4ta Unidad, diseñadas resisten satisfactoriamente las solicitaciones actuantes.

Para la construcción de las fundaciones se debe verificar la buena calidad de los materiales, la compactación del nivel de desplante, los recubrimientos especificados, las resistencias del hormigón y el acero, el correcto vaciado del hormigón y todos aquellos factores que puedan influir en la calidad de la obra.

De acuerdo al diseño presentado, se deberá realizar un cambio de material para el compresor como para el enfriador (cooler), retirando el material existente entre 0.50 a 0.60 metros, reemplazando este por otro de mejores características. Se recomienda utilizar un suelo A-1-3, o A-2-4, haciendo una compactación hasta el 98 % de Proctor Modificado, en capas de 20 cm de espesor, hasta completar la profundidad requerida.