DISEÑO ESTRUCTURAL

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE BOCHALEMA. NORTE DE SANTANDER – CONCURSO DE MÉRITOS CM-005-2022

INFORME ESTRUCTURAL

ACI-23-002- BOCHALEMA PAT.2

ACERTAR INGENIERIA S.A.S.

BOGOTÁ D.C. FEBRERO 2023

PBX:

+ 57 3103182076

gerencia.acertaringenieria@gmail.com

Carrera 3 No. 1C - 18

1. Contenido

2. RESUMEN 6
3. NORMA APLICABLE 7
4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 8
5. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES 9
5.1 CONCRETO 9
5.2 ACERO DE REFUERZO 9
6. CARACTERISTICAS GENERALES SISMICAS 10
6.1 Nivel de Amenaza sísmica 10
6.2 Efectos locales por amenaza sísmica y uso de Edificación 10
6.2.1 Coeficientes de velocidad y aceleración picoefectivas: 10
6.2.2 Efectos locales: 11
6.2.3 Coeficiente de importancia por uso: 12
7. CASETA DE OPERACIONES 13
7.1 Sistema de resistencia estructural 13
7.2 Avaluó de cargas (D) 13
7.3 Carga viva (L) 15
7.4 Carga empuje lateral (H) 16
7.5 ESPECTRO DE DISEÑO ELÁSTICO 17
7.6 Cálculo de periodo de vibración corto 18
7.7 Cálculo de periodo de vibración largo 18
7.8 Cálculo espectro de aceleración de diseño 19
7.9 Revisión FHE 20
7.9.1 Cálculo de Cu 20
7.9.2 Periodo Aproximado (Ta) 20
7.9.3 Cálculo de fuerza sísmica (Vs) 21
7.10 Revisión análisis dinámico 22
7.10.1 Calculo Rigidez 22
7.11 Parámetros de parámetros dinámicos 27

7.11.1 Cálculo de frecuencia natural (w) 27
7.11.2 Cálculo del periodo fundamental 28
7.11.3 Calculo Basal cortante 28
Fuerza de restitución a través de calculo matricial para análisis de estructuras de un grado de libertad 28
7.12 Combinaciones de carga 29
8. CASETA DE SECADO Y DESINFECCIÓN U.V. 31
8.1 Sistema de resistencia estructural 31
8.2 Avaluó de cargas (D) 31
8.3 Carga viva (L) 34
8.4 Carga empuje lateral (H) 35
8.5 ESPECTRO DE DISEÑO ELÁSTICO 36
8.6 Cálculo de periodo de vibración corto 37
8.7 Cálculo de periodo de vibración largo 37
8.8 Cálculo espectro de aceleración de diseño 38
8.9 Revisión FHE 39
8.9.1 Cálculo de Cu 39
8.9.2 Periodo Aproximado (Ta) 39
8.9.3 Cálculo de fuerza sísmica (Vs) 40
8.10 Revisión análisis dinámico 41
8.10.1 Calculo Rigidez 41
8.11 Parámetros de parámetros dinámicos 46
8.11.1 Cálculo de frecuencia natural (w) 46
8.11.2 Cálculo del periodo fundamental 47
8.11.3 Calculo Basal cortante 47
Fuerza de restitución a través de cálculo matricial para análisis de estructuras de un grado de libertad 47
8.12 Combinaciones de carga 48
8.13 Análisis de viento 49

8.14 Combinaciones de carga 63

2. RESUMEN

El presente documento, expone a continuación el diseño estructural para componentes de la planta de agua de tratamiento residual (PTAR) ubicado en el municipio de Bochalema localizado en el de Norte de Santander.

La modelación matemática del diseño fue desarrollada en el software **SAP2000 versión 22,** basados en los datos entregados por el solicitante (ING. Angela Niño), dentro los cuales se muestra a través de una modelación en planta, los requerimientos de longitudes mínimas y máximas que deben tener cada componente para el correcto funcionamiento del diseño hidráulico; así como la información técnica consagrada en el estudio geotécnico y las cotas de la estructura respecto al nivel de suelo.

El diseño de los componentes obedece a una estructura individual y aislada de los demás componentes de la planta de tratamiento de agua potable, a continuación, se muestra la ubicación, las distancias y los espesores de predimensionamiento.

3. NORMA APLICABLE

Para el análisis y modelación se tuvo en cuenta las normas aplicables para estructuras que tienen por objeto contener y/o conducir agua, así como las normas vigentes para asegurar la durabilidad del concreto mencionadas a continuación:

- NRS-10 TITULO A.
- NRS-10 TITULO B.
- NRS-10 TITULO C.
- NRS-10 TITULO I.
- AIS 180-13.

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto a través del desarrollo de las políticas públicas tiene por objeto articular los programas de agua potable y saneamiento básico para la población en la siguiente zona:

- Departamento: Norte de Santander.
- Municipio: Bochalema

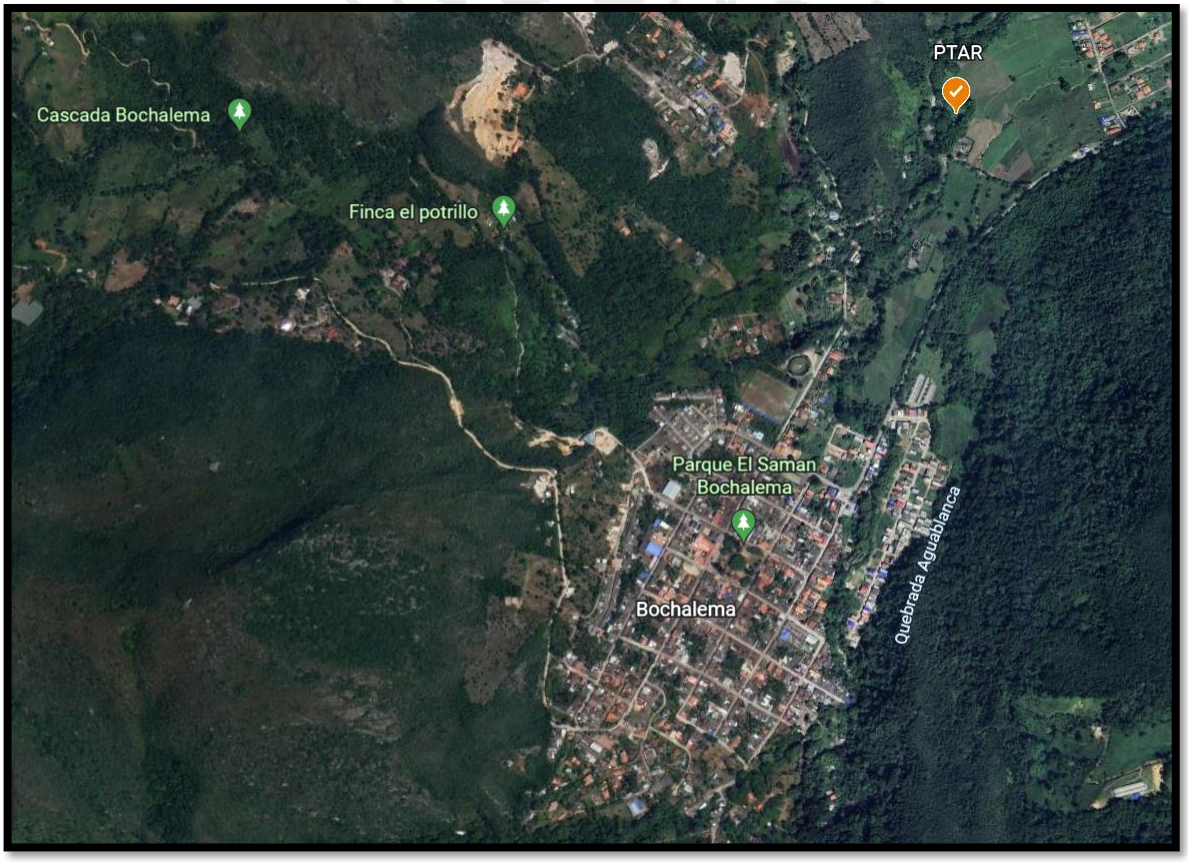


Ilustración 1. Localización PTAR Bochalema.

5. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

5.1 CONCRETO

Se contempla la misma resistencia para todo el concreto que conforma los filtros de agua potable (placa, paredes laterales y divisoras) equivalente a:

- Resistencia a la compresión ($f'c$) = 28 Mpa
- Concreto de limpieza ($f'c$) = 17,50 Mpa

5.2 ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo para los elementos estructurales contemplado se distribuye de la siguiente manera:

- Varilla corrugada de 3/8" (No.3) – fy= 420 Mpa.
- Varilla corrugada de 1/4" (No.4) – fy= 420 Mpa.
- Varilla corrugada de 5/8" (No.5) – fy= 420 Mpa.

MATERIAL	CALIDAD	fy (Mpa)	fu (Mpa)
PERFILES HEA	ASTM -A-572-50	345	448
TUBERIA ESTRUCTURAL	ASTM -A-572-50	345	448
LAMINAS	ASTM-36	248	330
PERNOS ANCLAJE	SAE 1045 - SAE 1020	350	539
TORNILLOS	ASTM -A-325 GRADO 5	379	510

6. CARACTERISTICAS GENERALES SISMICAS

6.1 Nivel de Amenaza sísmica

- Localización: Bochalema, Norte de Santander
- Amenaza sísmica: **ALTA**
- Tipo de perfil del suelo: **Perfil Tipo D**

6.2 Efectos locales por amenaza sísmica y uso de Edificación

6.2.1 Coeficientes de velocidad y aceleración picoefectivas:

- **Aa=** 0.35
- **Av=** 0.25

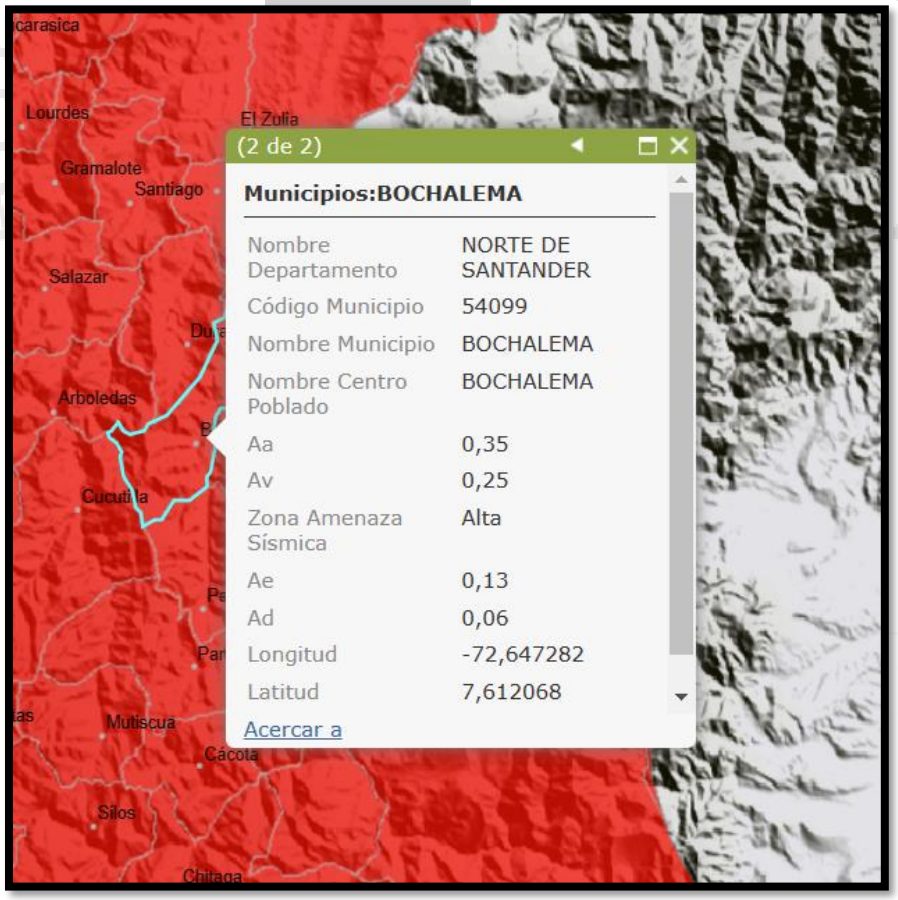


Imagen 6-1. Amenaza sísmica Servicio Geológico colombiano

6.2.2 Efectos locales:

Los factores que afectan la respuesta sísmica de las edificaciones en la zona de espectros de periodos largos y periodos cortos, se basados en el tipo del perfil de suelo existente:

- **Fa=** 1.5
- **Fv=** 1.9 (interpolación lineal)

Según la Tabla A.2.4-3 de la NRS-10 valores para **Fa** dependiendo de los valores de **Aa.**

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Imagen 6-2. Tabla A.2.4-3 de la NRS-10

Según la Tabla A.2.4-3 de la NRS-10 valores para **Fv** dependiendo de los valores de **Av.**

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Imagen 6-3. Tabla A.2.4-3 de la NRS-10

6.2.3 Coeficiente de importancia por uso:

Según la NRS-10 en el apartado A.2.5.11 define el **grupo IV** de las edificaciones indispensables, que para este caso en el inciso (d), se describe como edificaciones que manejan y controlan las operaciones vitales para la comunidad; como lo son las líneas de operación de energía eléctrica, aguas combustibles, información y el transporte de personas o de productos.

Por lo anterior el coeficiente de importancia **I** que establece la NRS-10 en su apartado A.2.5.2 para este proyecto es de:

- **I=** 1.50

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Imagen 6-4. Tabla A..2.5-1 valores del coeficiente de importancia I

7. CASETA DE OPERACIONES

7.1 Sistema de resistencia estructural

Para la determinación de este sistema, se contempló lo establecido en la tabla A.3-3 de la NRS-10 de la siguiente manera:

- **Tipo de Estructura**: Pórtico resistente a momentos
- **Tipo de Sistema Estructural:** Tanques de fondo plano apoyado sobre el terreno, de concreto reforzado con base reforzada no deslizante.
- **Coeficiente De Disipación de energía Ro**: 6.0
- **Coeficiente De Sobreresistencia: Ωo:** 3.0
- **Tipo de disipación de energía**: DES (Disipación especial de energía)

C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
				Alta		Intermedia		baja	
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (*DES*)									
a. De concreto (*DES*)	el mismo	**7.0**	**3.0**	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (*DES*)	el mismo	**7.0** (Nota-3)	**3.0**	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	**7.0**	**3.0**	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
d. De acero con cerchas dúctiles (*DES*)	Pórticos de acero resistentes o no a momentos	**6.0**	**3.0**	si	30 m	si	45 m	si	sin límite

Imagen 7-1.Tabla 3-3 NRS-10 Titulo A

7.2 Avaluó de cargas (D)

Peso Propio

Estas cargas corresponden al peso propio de la estructura, el cual está conformado por:

- Pórtico en concreto.
- Retícula metálica.
- Cubierta metálica.
- Elementos no estructurales.

Para el cálculo del peso propio se empleó los valores de las densidades establecidos en la tabla B.2.3-1 de la NRS-10, para el concreto reforzado de 2400 KN/m^3, como se muestra a continuación.

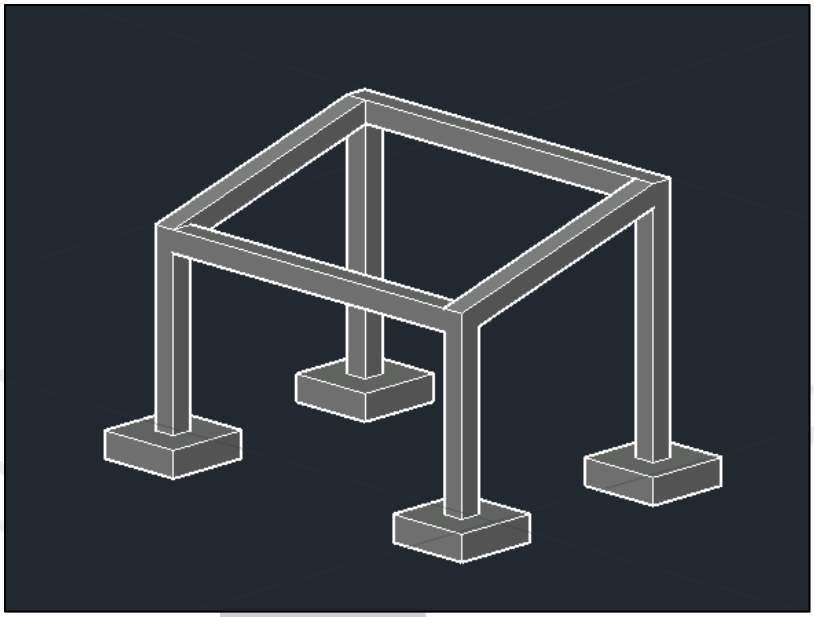


Imagen 7-2. Esquema Caseta de operaciones

CASETA DE OPERACIONES			
Material		=	Concreto reforzado
Cantidad		=	1
Peso específico	(KN/m^3)	=	24.00
Volumen	(m^3)	=	2.77
Peso Total	**(KN)**	**=**	**66.48**

PESO PROPIO TOTAL (KN)	**66.48**

Peso por materiales

Estas cargas corresponden al peso de cubiertas, pisos fachadas y recubrimientos, consignados en la tabla B.3.4.3-1 con valores de 1.8 KN/m^2 para pisos y cubiertas, por otro lado el valor de 2.5 KN/m^2 para fachadas y particiones, consignado en título B de la NRS-10.

PISOS Y CUBIERTA			
Institucional (KN/m^2)		=	1.8
Espesor	(mm)	=	N/A
Cantidad:	(un)	=	N/A
Longitud	(m)	=	5.3
Largo	(m)	=	4.30
Área	(m^2)	=	22.79
Peso Total	**(KN)**	**=**	**41.02**
Peso Total	**(KN/m)**	**=**	**10.26**

FACHADAS Y PARTICIONES			
Acabado de piso en concreto (KN/m^2) =			2.5
Espesor	(mm)	=	N/A
Cantidad:	(un)	=	N/A
Longitud	(m)	=	5.3
Largo	(m)	=	4.30
Área	(m^2)	=	22.79
Peso Total	**(KN/m)**	**=**	**56.98**
Peso Total	**(KN/m)**	**=**	**14.24**

MATERIAL NO ESTRUCTURAL			
Tuberias, materiales de filtros (KN/m^2) =			2
Cantidad	(un)	=	2.00
Longitud	(m)	=	2.5
Largo	(m)	=	3.30
Área:	(m^2)	=	16.50
Peso Total	**(KN/m)**	**=**	**10.00**

CARGA POR MATERIALES TOTAL KN/m	**41.12**

CARGA MUERTA (D) (KN)	**164.48**

Z

7.3 Carga viva (L)

Para valores de la carga viva se estableció un uso institucional para cuartos de uso privado y contempla el peso de los trabajadores que estarán realizando las labores de construcción y

posteriormente los diferentes tipos de mantenimiento a la estructura, este valor se consultó en la tabla B.4.2.1-1 con un valor de 2.0 KN/m^2 para un área de **10,32 m^2,** para un valor total de:

CARG VIVA (L)			
Uso institucional Privado	(KN/m^2) =		2
Longitud	(m)	=	5.3
Largo	(m)	=	4.30
Área	(m^2)	=	22.79
Peso Total	**(KN)**	**=**	**45.58**

CARGA VIVA (L)	**(KN/m)**	**11.40**

7.4 Carga empuje lateral (H)

Esfuerzo vertical, Esfuerzo horizontal y empuje activo

Estas cargas son debidas al empuje lateral del suelo; para el presente estudio no se tiene en cuenta carga lateral por nivel freático teniendo en cuenta que en la información entregada por el cliente no se registra presencia de nivel freático, si no hasta 1.5 metros de profundidad en los sondeos realizados en el área de exploración.

Se da claridad que, para el cálculo de los coeficientes de presión de tierras en reposo, presión de tierras activas y presión de tierras pasivas, no hay concordancia entre los valores calculados por el presente estudio y los plasmados en el estudio Geotécnico entregado por el cliente (Integral LABS SAS).

Por lo anterior se registran los siguientes cálculos para efectos de diseño estructural de los componentes de la PTAR de Bochalema, usando los mismos parámetros del estudio geotécnico.

Angulos del suelo y muro		
β	90	1.57
ϕ (Angulo de friccion)	29	0.51
δ (muro Liso)	0	0
α	0	0

ESFUERZO VERTICAL Y EMPUJE ACTIVO TIERRAS			
Peso especifico de material	(KN/m^3)	=	20
Angulo de fricción suelo **ϕ**		=	29
Profundidad total	(m)	=	0.6
Esfuerzo Vertical efectivo (KN/m^2)		=	12
Factor Ka		=	0.347
Factor Kp		=	2.882
Factor K0		=	0.515
Esfuerzo Horizontal	h (KN/m^2)	=	6.18
Empuje Pasivo Tierras	**Pp** (KN/m)	=	10.38
Empuje Activo Tierras	**Pa** (KN/m)	=	1.25

7.5 ESPECTRO DE DISEÑO ELÁSTICO

Para el espectro de diseño se contempló lo estipulado en el apartado A.2.6.1 de la NRS-10 en donde con un coeficiente de amortiguamiento crítico del 5 % se establece la siguiente figura:

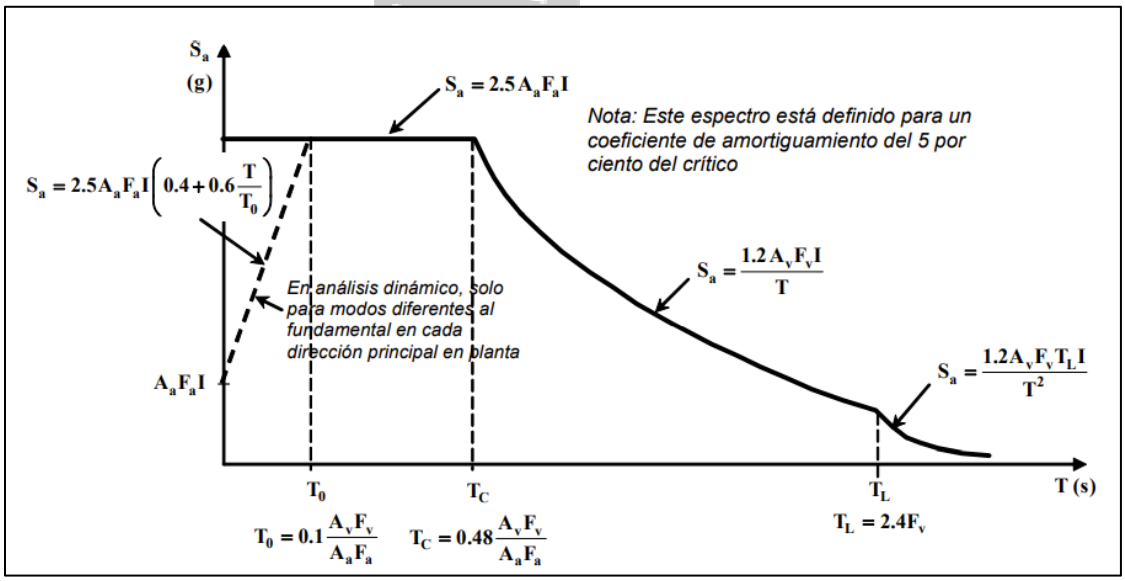


Imagen 7-3. Espectro elástico de aceleración de diseño como fracción de g

Para realizar el análisis de los periodos de la estructura bajo los efectos de las condiciones locales, se reemplazan los valores de la siguiente tabla ya definidos anteriormente:

EFECTOS LOCALES NRS-10 TITULO A	
Coeficiente de amplificación (Fa)	1.5
Coeficiente de amplificación (Fv)	1.9
Coeficiente de aceleración (Aa)	0.35
Coeficiente de importancia (I)	1.5
Coeficiente de velocidad (Av)	0.25

7.6 Cálculo de periodo de vibración corto

$$TC = 0{,}48\frac{Av * Fv}{Aa * Fa}$$

Siendo:

- Av =0,25
- Fv =1,90
- Aa = 0,35
- Fa = 1,5

Entonces:

$$TC = 0{,}48\frac{0{,}25 * 1{,}9}{0{,}35 * 1{,}5}$$

$$\boldsymbol{TC = 1{,}97\ s}$$

7.7 Cálculo de periodo de vibración largo

$$TL = 2{,}4 * 1.9$$

Siendo:

- Fv =1,90

Entonces:

$TL = 2{,}4 * 1{,}90$
$\boldsymbol{TL = 4{,}56\ s}$

7.8 Cálculo espectro de aceleración de diseño

Conocido el periodo fundamental de la estructura, se realiza una comparación establecida por la NRS-10 en el titulo A.2.6.1.2 , donde se evidencia que la fórmula para el espectro de aceleración de diseño se define así:

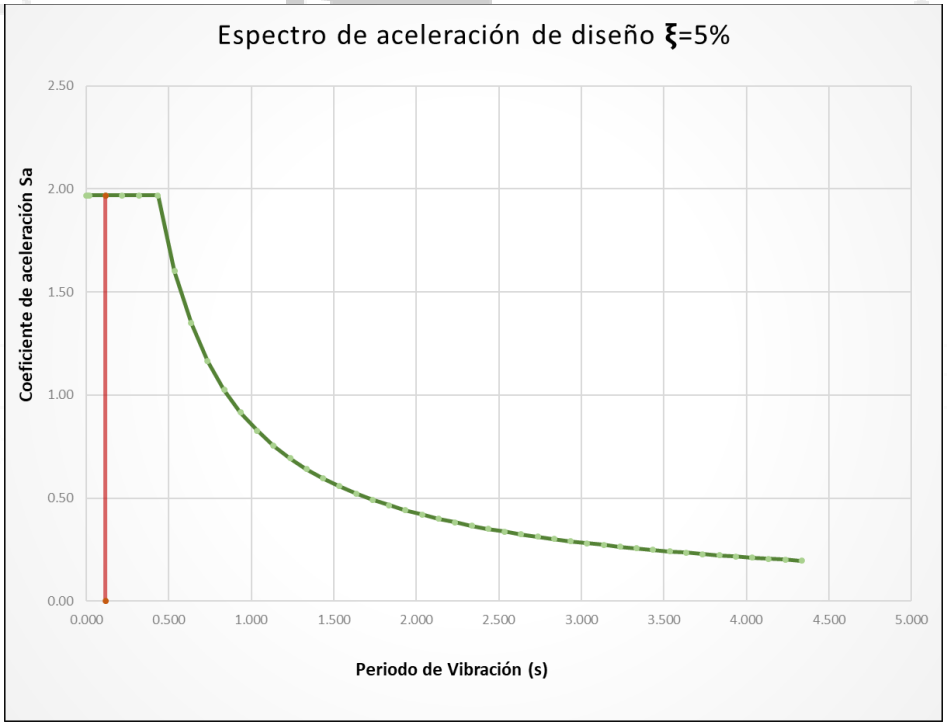
$Sa = 2{,}5 * Aa * Fa * I$

Siendo:

- Aa =0,35
- Fa =1,5
- I = 1,50

Entonces:

$Sa = 2{,}5 * 0{,}35 * 1{,}50 * 1{,}50$
$\boldsymbol{Sa = 1{,}97}$



7.9 Revisión FHE

Se realiza el chequeo estructural por el método de fuerza Horizontal Equivalente (FHE) definido en el titulo A de la NRS-10, capítulo A.4.

7.9.1 Cálculo de Cu

Valor para verificación del periodo aproximado definido en la ecuación (A.4.2-2)

$Cu = 1{,}75 - (1.2 * Av * Fv)$

Siendo:

- Av =0,25
- Fv =1,90

Entonces:

$Cu = 1{,}75 - (1.2 * 0{,}25 * 1.90)$
$\boldsymbol{Cu = 1.18\ s}$

7.9.2 Periodo Aproximado (Ta)

Cálculo del periodo aproximado definido en la ecuación (A.4.2-3)

$Ta = Ct * h^{\alpha}$

Siendo:

- Ct =Parametro definido en tabla A.4.2-1.
- h = Altura de la edificación (m)
- α = Parametro definido en tabla A.4.2-1.

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros C_t y α, donde C_w se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Imagen 7-9.2. Esquema Caseta de operaciones

Entonces:

$Ta = 0{,}047 * 2{,}75^{0.90}$

$\boldsymbol{Ta = 1{,}12\ s}$

Según verificación por del título A en apéndice A.4.2.1. de la NRS-10 el periodo aproximado cumple.

7.9.3 Cálculo de fuerza sísmica (Vs)

Se aplica el método de fuerza horizontal equivalente obteniendo lo siguientes valores:

NIVEL	MASA (kN)	ALTURA (m)	ALTURA^h	M*h^h	Cvx	Fs (kN)
1	210.06	2.75	2.75	577.66	100%	210.057
Σ	210.06	2.75	2.75	577.66	1.00	210.06

$Vs = Fs * Sa$

Siendo:

- $Fs = 240{,}05\ KN$ Fuerza sísmica.
- $Sa = 1{,}97$ Espectro de aceleración.

Entonces:

- $Vs = 240{,}05\ kN * 1{,}97 * Sa$
- $\boldsymbol{Vs = 472{,}90\ kN}$

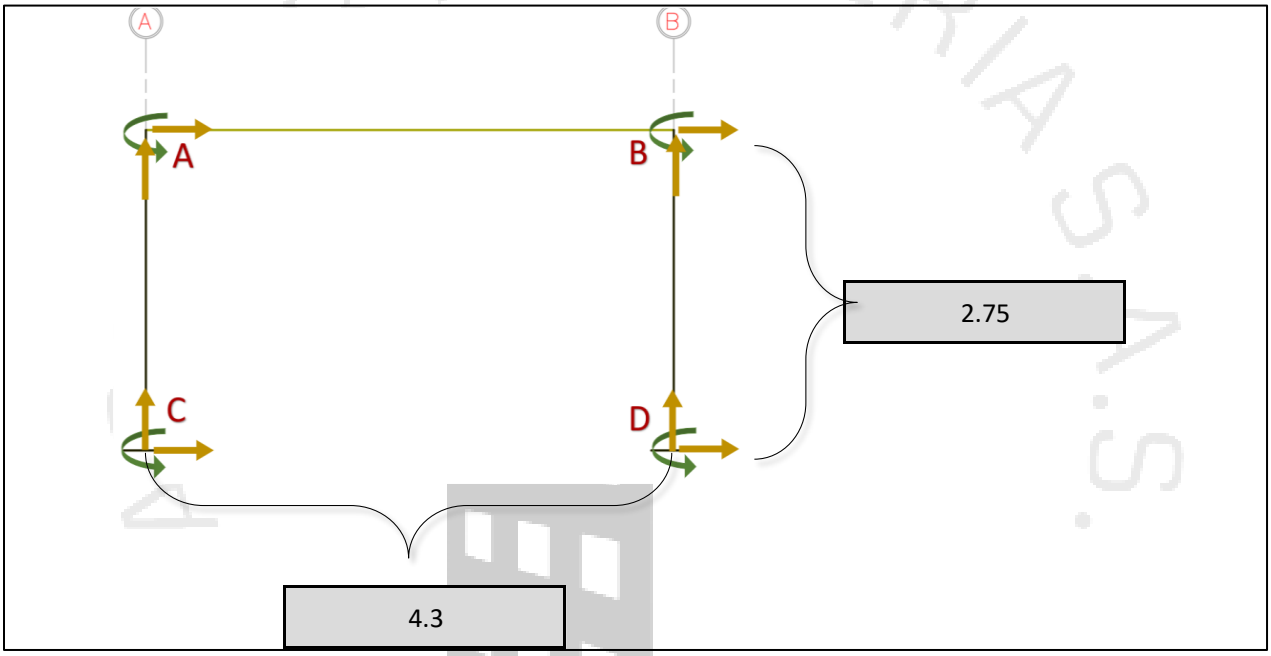
7.10 Revisión análisis dinámico

Se realizara verificación de la fuerza cortante basal y la fuerza sísmica por métodos de análisis dinámico.

7.10.1 Calculo Rigidez

Se realiza calculo de la rigidez a partir de método matricial.

- Sentido X



ELEMENTO	NOMBRE	L (m)	b (m)	h (m)	Area (m^2)	I (m4)	AE/L (kN/m)	2EI/L (kN/m)	4EI/L (kN/m)	6EI/L^2 (kN/m)	12EI/L^3 (kN/m)
Columna	C-A	2.75	0.25	0.25	0.0625	0.00033	523300	5451	10902	5947	4325
Viga	A-B	4.3	0.25	0.25	0.0625	0.00033	334669	3486	6972	2432	1131
Columna	D-B	2.75	0.25	0.25	0.0625	0.00033	523300	5451	10902	5947	4325

MATRIZ INDIVIDUAL EN COORDENADAS GLOBALES

COLUMNA C - A

	Uc	Vc	Φ c	U_A	V_A	Φ_A	
X c	4325	0	-5947	-4325	0	-5947	U_D
Y c	0	523300	0	0	-523300	0	V_D
M c	-5947	0	10902	5947	0	5451	Φ_D
X_A	-4325	0	5947	4325	0	5947	U_A
Y_A	0	-523300	0	0	523300	0	V_A
M_A	-5947	0	5451	5947	0	10902	Φ_A

$$[K'] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

VIGA A - B

	U_A	V_A	Φ_A	U_B	V_B	Φ_B	
X_A	334669	0	0	-334669	0	0	U_A
Y_A	0	1131	2432	0	-1131	2432	V_A
M_A	0	2432	6972	0	-2432	3486	Φ_A
X_B	-334669	0	0	334669	0	0	U_B
Y_B	0	-1131	-2432	0	1131	-2432	V_B
M_B	0	2432	3486	0	-2432	6972	Φ_B

$$[K'] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

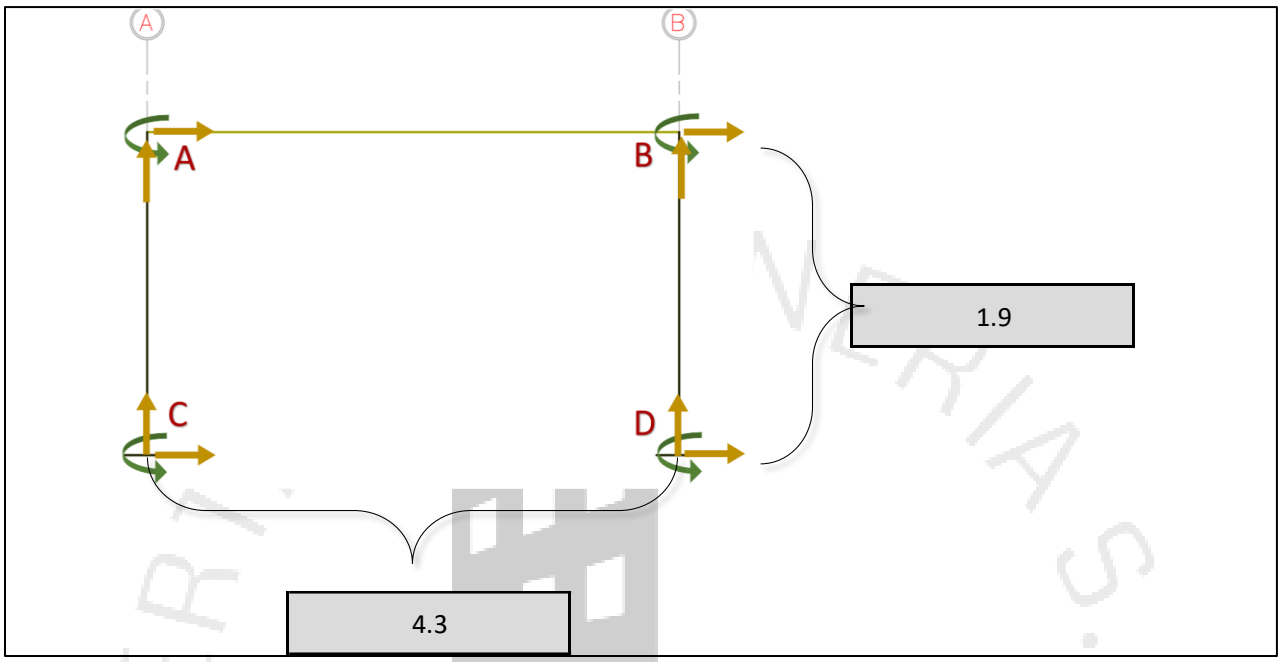
COLUMNA D-B

	U_D	V_D	Φ_D	U_B	V_B	Φ_B	
X_D	4325	0	-5947	-4325	0	-5947	U_E
Y_D	0	523300	0	0	-523300	0	V_E
M_D	-5947	0	10902	5947	0	5451	Φ_E
X_B	-4325	0	5947	4325	0	5947	U_B
Y_B	0	-523300	0	0	523300	0	V_B
M_B	-5947	0	5451	5947	0	10902	Φ_B

$$[K'] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

0	U_A	V_A	Φ_A	U_B	V_B	Φ_B	U_C	V_C	Φ_C	U_D	V_D	Φ_D
X c	-4325	0	-5947	0	0	0	4325	0	-5947	0	0	0
Y c	0	-523300	0	0	0	0	0	523300	0	0	0	0
M c	5947	0	5451	0	0	0	-5947	0	10902	0	0	0
X A	338993	0	5947	-334669	0	0	-4325	0	5947	0	0	0
Y A	0	524431	2432	0	-1131	2432	0	-523300	0	0	0	0
M A	5947	2432	17874	0	-2432	3486	-5947	0	5451	0	0	0
X D	0	0	0	-4325	0	-5947	0	0	0	4325	0	-5947
Y D	0	0	0	0	-523300	0	0	0	0	0	523300	0
M D	0	0	0	5947	0	5451	0	0	0	-5947	0	10902
X B	-334669	0	0	338993	0	5947	0	0	0	-4325	0	5947
Y B	0	-1131	-2432	0	524431	-2432	0	0	0	0	-523300	0
M B	0	2432	3486	5947	-2432	17874	0	0	0	-5947	0	5451

RIGIDEZ LATERAL X1	
2162.39703	**kN/m**



ELEMENTO	NOMBRE	L (m)	b (m)	h (m)	Area (m^2)	I (m4)	AE/L (kN/m)	2EI/L (kN/m)	4EI/L (kN/m)	$6EI/L^2$ (kN/m)	$12EI/L^3$ (kN/m)
Columna	C-A	1.9	0.25	0.25	0.0625	0.00033	757408	7890	15779	12457	13113
Viga	A-B	4.3	0.25	0.25	0.0625	0.00033	334669	3486	6972	2432	1131
Columna	D-B	1.9	0.25	0.25	0.0625	0.00033	757408	7890	15779	12457	13113

MATRIZ INDIVIDUAL EN COORDENADAS GLOBALES

COLUMNA C - A

	Uc	Vc	Φ c	U_A	V_A	Φ_A	
X c	13113	0	-12457	-13113	0	-12457	U_D
Y c	0	757408	0	0	-757408	0	V_D
M c	-12457	0	15779	12457	0	7890	Φ_D
X_A	-13113	0	12457	13113	0	12457	U_A
Y_A	0	-757408	0	0	757408	0	V_A
M_A	-12457	0	7890	12457	0	15779	Φ_A

$$[K'] = \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix}$$
$$\begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

VIGA A - B

	U_A	V_A	Φ_A	U_B	V_B	Φ_B	
X_A	334669	0	0	-334669	0	0	U_A
Y_A	0	1131	2432	0	-1131	2432	V_A
M_A	0	2432	6972	0	-2432	3486	Φ_A
X_B	-334669	0	0	334669	0	0	U_B
Y_B	0	-1131	-2432	0	1131	-2432	V_B
M_B	0	2432	3486	0	-2432	6972	Φ_B

$$[K'] = \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix}$$
$$\begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

COLUMNA D-B

	U_D	V_D	Φ_D	U_B	V_B	Φ_B	
X_D	13113	0	-12457	-13113	0	-12457	U_E
Y_D	0	757408	0	0	-757408	0	V_E
M_D	-12457	0	15779	12457	0	7890	Φ_E
X_B	-13113	0	12457	13113	0	12457	U_B
Y_B	0	-757408	0	0	757408	0	V_B
M_B	-12457	0	7890	12457	0	15779	Φ_B

$$[K'] = \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix}$$
$$\begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

0	U_A	V_A	Φ_A	U_B	V_B	Φ_B	U_C	V_C	Φ_C	U_D	V_D	Φ_D
X c	-13113	0	-12457	0	0	0	13113	0	-12457	0	0	0
Y c	0	-757408	0	0	0	0	0	757408	0	0	0	0
M c	12457	0	7890	0	0	0	-12457	0	15779	0	0	0
X A	347782	0	12457	-334669	0	0	-13113	0	12457	0	0	0
Y A	0	758539	2432	0	-1131	2432	0	-757408	0	0	0	0
M A	12457	2432	22752	0	-2432	3486	-12457	0	7890	0	0	0
X D	0	0	0	-13113	0	-12457	0	0	0	13113	0	-12457
Y D	0	0	0	0	-757408	0	0	0	0	0	757408	0
M D	0	0	0	12457	0	7890	0	0	0	-12457	0	15779
X B	-334669	0	0	347782	0	12457	0	0	0	-13113	0	12457
Y B	0	-1131	-2432	0	758539	-2432	0	0	0	0	-757408	0
M B	0	2432	3486	12457	-2432	22752	0	0	0	-12457	0	7890

RIGIDEZ LATERAL X1	
6556.5098	**kN/m**

RIGIDEZ TOTAL DE TODOS LOS PORTICOS EN SENTIDO X	
8718.9	**kN/m**

7.11 Parámetros de parámetros dinámicos

7.11.1 Cálculo de frecuencia natural (w)

Se realiza cálculo de la frecuencia natural de la estructura:

$$fi = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

Siendo:

- $K = 8718{,}90\ kN*$ m Rigidez.
- $m = 22.01\ Ton$ Masa dinámica.

Entonces:

$$fi = \sqrt{\frac{8718{,}90}{22{,}01}}$$

$$\boldsymbol{fi = 20{,}37\ rad/s}$$

7.11.2 Cálculo del periodo fundamental

$Ta = 2 * \boldsymbol{\pi}\ / \boldsymbol{fi}$

Siendo:

- $\boldsymbol{\pi} = 3.1416$
- $fi = 20{,}37\ rad/\ s$ Frecuencia natural-

Entonces:

$Ta = 2 * \mathbf{3{,}1416/22{,}01} \boldsymbol{rad/s}$
$Ta = 0{,}22s$

7.11.3 Calculo Basal cortante

Fuerza de restitución a través de calculo matricial para análisis de estructuras de un grado de libertad.

Tiempo (s)	Desplazamiento (m) "Diafragma Rigido"	Fuerza de Restituciòn Fr (kN)
Max kN	244.1291945	

$Vs = Fs * Sa$

Siendo:

- $Fs = 244{,}13\ KN$ Fuerza sísmica.
- $Sa = 1{,}97$ Espectro de aceleración.

Entonces:

- $Vs = 244{,}13\ kN * 1{,}97 * Sa$
- $\boldsymbol{Vs = 480{,}94\ kN}$

7.12 Combinaciones de carga

Según lo establecido en el Titulo B.2.4.2 de la NSR-10, las combinaciones de carga empleadas para el análisis y posterior diseño del tanque se muestran a continuación

COMBINACIÓN DE CARGAS VERIFICACION DEL ESTADO DE LIMITE DE SERVICIO												
COMBINACIÓN	VALORES POR AVALUO DE CARGAS											
	164.48	#¡REF!	0	0	11.40	0	0	0	#¡REF!	0	0	0
	D	F	Fa	G	L	Le	Lr	Lo	H	W	T	E
D+F	164.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D + H + F + L + T	164.5	-	-	-	11.395	-	-	-	-	-	0	-
D + H + F + (Lr o G o Le)	164.5	-	-	0	-	0	0	-	-	-	-	-
D + H + F + 0,75(L+T) + 0,75(Lr o G o Le)	164.5	-	-	0	8.5463	0	0	-	-	-		-
D + H + F + W	164.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
D + H + F + 0,70E	164.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
D + H + F + 0,75W + 0,75L + 0,75(Lr o G o Le)	164.5	-	-	0	8.5463	0	0	-	-	0	-	-
D + H + F + 0,75(0,7E) + 0,75L + 0,75(Lr o G o Le)	164.5	-	-	0	8.5463	0	0	-	-	-	-	0
0,60D + W + H	98.7	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
0,60D + 0,70E + H	98.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Se debe escoger cuando se presente carga
Carga combinada y reportada en otra celda
Carga solicitada a combinar

COMBINACIÓN DE CARGAS BASICAS MÉTODO DE RESISTENCIA												
COMBINACIÓN	VALORES POR AVALUO DE CARGAS											
	164.48	#¡REF!	0	0	11.40	0	0	0	199.3169	0	0	0
	D	F	Fa	G	L	Le	Lr	Lo	H	W	T	E
1,4(D+F)	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2(D+F+T) + 1,6(L+H) + 0,5(Lr O G oLe)	-		-	0	337.14	0	0	-		-		-
1,2D + 1,6(Lr O G oLe) + (L o 0,80W)	197.4	-	-	0	11.395	0	0	-	-	0	-	-
1,2D + 1,6W+ 1,0L + 0,5(Lr O G oLe)	197.4	-	-	0	11.395	0	0	-	199.3169	0	-	-
1,2D + 1,0E +1,0L	197.4	-	-	-	11.395	-	-	-	-	-	-	0
0,9D + 1,6W + 1,6H	148.0	-	-	-	-	-	-	-	318.907	0	-	-
0,9D + 1,0E + 1,6H	148.0	-	-	-	-	-	-	-	318.907	-	-	0

Se debe escoger cuando se presente carga
Carga combinada y reportada en otra celda
Carga solicitada a combinar

8. CASETA DE SECADO Y DESINFECCIÓN U.V.

8.1 Sistema de resistencia estructural

Para la determinación de este sistema, se contempló lo establecido en la tabla A.3-3 de la NRS-10 de la siguiente manera:

- **Tipo de Estructura**: Pórtico resistente a momentos
- **Tipo de Sistema Estructural:** Tanques de fondo plano apoyado sobre el terreno, de concreto reforzado con base reforzada no deslizante.
- **Coeficiente De Disipación de energía Ro**: 6.0
- **Coeficiente De Sobreresistencia: Ωo:** 3.0
- **Tipo de disipación de energía**: DES (Disipación especial de energía)

C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
				Alta		Intermedia		baja	
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (*DES*)									
a. De concreto (*DES*)	el mismo	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (*DES*)	el mismo	7.0 (Nota-3)	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
d. De acero con cerchas dúctiles (*DES*)	Pórticos de acero resistentes o no a momentos	6.0	3.0	si	30 m	si	45 m	si	sin límite

Imagen 7-1.Tabla 3-3 NRS-10 Titulo A

8.2 Avaluó de cargas (D)

Peso Propio

Estas cargas corresponden al peso propio de la estructura, el cual está conformado por:

- Pórtico en concreto.
- Retícula metálica.
- Cubierta metálica.
- Elementos no estructurales.

Para el cálculo del peso propio se empleó los valores de las densidades establecidos en la tabla B.2.3-1 de la NRS-10, para el concreto reforzado de 2400 KN/m^3, como se muestra a continuación.

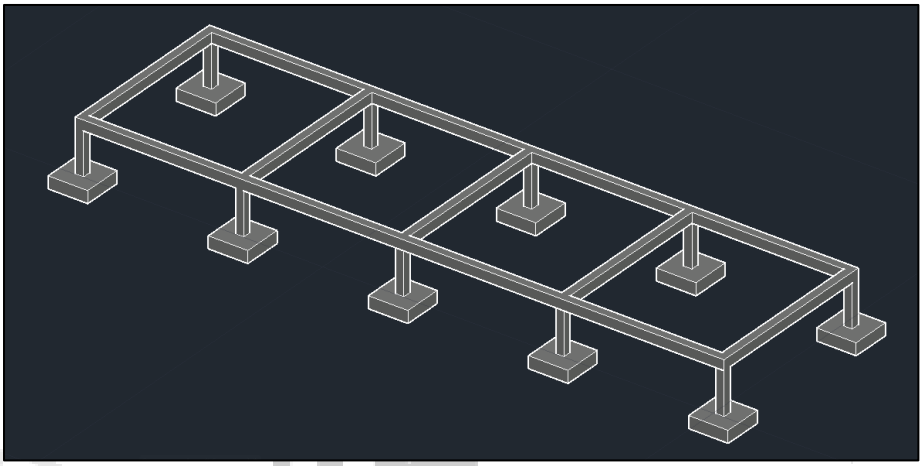


Imagen 8-2. Esquema Caseta secado

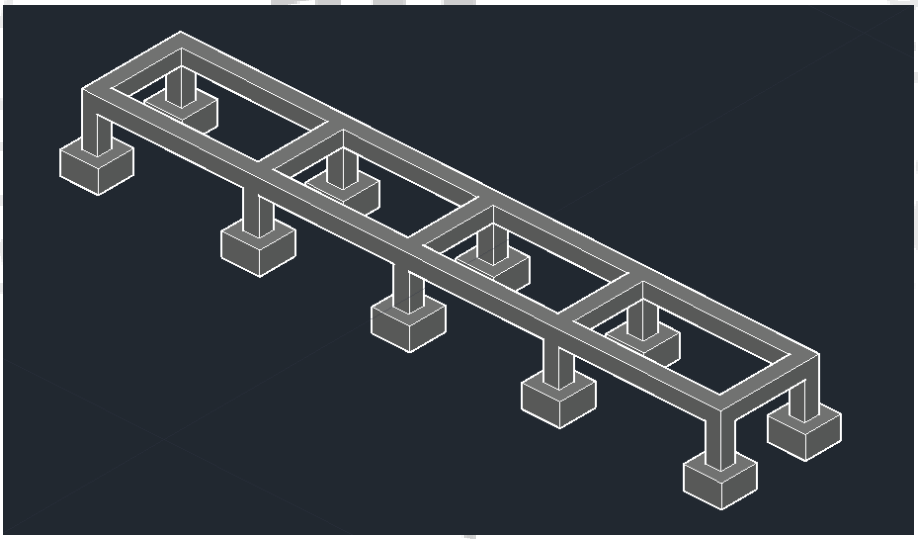


Imagen 8-3. Esquema CasetaU.V

CASETA DE OPERACIONES		
Material	=	Concreto reforzado
Cantidad	=	1
Peso específico (KN/m^3)	=	24.00
Volumen (m^3)	=	6.2
Peso Total (KN)	**=**	**148.80**

PESO PROPIO TOTAL (KN)	**148.80**

Peso por materiales

Estas cargas corresponden al peso de cubiertas, pisos fachadas y recubrimientos, consignados en la tabla B.3.4.3-1 con valores de 1.8 KN/m^2 para pisos y cubiertas, por otro lado el valor de 2.5 KN/m^2 para fachadas y particiones, consignado en título B de la NRS-10.

PISOS Y CUBIERTA			
Institucional (KN/m^2)		=	1.8
Espesor	(mm)	=	N/A
Cantidad:	(un)	=	N/A
Longitud	(m)	=	16.5
Largo	(m)	=	4.35
Área	(m^2)	=	71.78
Peso Total	**(KN)**	**=**	**129.20**
Peso Total	**(KN/m)**	**=**	**32.30**

FACHADAS Y PARTICIONES			
Acabado de piso en concreto (KN/m^2) =			2.5
Espesor	(mm)	=	N/A
Cantidad:	(un)	=	N/A
Longitud	(m)	=	16.5
Largo	(m)	=	4.35
Área	(m^2)	=	71.78
Peso Total	**(KN/m)**	**=**	**179.44**
Peso Total	**(KN/m)**	**=**	**44.86**

MATERIAL NO ESTRUCTURAL			
Tuberias, materiales de filtros (KN/m^2) =			2
Cantidad:	(un)	=	N/A
Longitud	(m)	=	16.5
Largo	(m)	=	4.35
Área	(m^2)	=	71.78
Peso Total	**(KN/m)**	**=**	**143.55**

CARGA POR MATERIALES TOTAL KN/m	**114.36**

CARGA MUERTA (D) (KN)	**457.43**

8.3 Carga viva (L)

Para valores de la carga viva se estableció un uso institucional para cuartos de uso privado y contempla el peso de los trabajadores que estarán realizando las labores de construcción y posteriormente los diferentes tipos de mantenimiento a la estructura, este valor se consultó en la tabla B.4.2.1-1 con un valor de 2.0 KN/m^2 para un área de **10,32 m^2,** para un valor total de:

CARG VIVA (L)			
Uso institucional Privado		(KN/m^2) =	2
Longitud	(m)	=	16.5
Largo	(m)	=	4.35
Área	(m^2)	=	71.78
Peso Total	**(KN)**	**=**	**143.55**

CARGA VIVA (L) (KN/m)	**35.89**

8.4 Carga empuje lateral (H)

Esfuerzo vertical, Esfuerzo horizontal y empuje activo

Estas cargas son debidas al empuje lateral del suelo; para el presente estudio no se tiene en cuenta carga lateral por nivel freático teniendo en cuenta que en la información entregada por el cliente no se registra presencia de nivel freático, si no hasta 1.5 metros de profundidad en los sondeos realizados en el área de exploración.

Se da claridad que, para el cálculo de los coeficientes de presión de tierras en reposo, presión de tierras activas y presión de tierras pasivas, no hay concordancia entre los valores calculados por el presente estudio y los plasmados en el estudio Geotécnico entregado por el cliente (Integral LABS SAS).

Por lo anterior se registran los siguientes cálculos para efectos de diseño estructural de los componentes de la PTAR de Bochalema, usando los mismos parámetros del estudio geotécnico.

Angulos del suelo y muro		
β	90	1.57
ϕ (Angulo de friccion)	29	0.51
δ (muro Liso)	0	0
α	0	0

ESFUERZO VERTICAL Y EMPUJE ACTIVO TIERRAS			
Peso especifico de material	(KN/m^3)	=	20
Angulo de fricción suelo **ϕ**		=	29
Profundidad total	(m)	=	0.6
Esfuerzo Vertical efectivo (KN/m^2)	=		12
Factor Ka		=	0.347
Factor Kp		=	2.882
Factor K0		=	0.515
Esfuerzo Horizontal	h (KN/m^2)	=	6.18
Empuje Pasivo Tierras	**Pp** (KN/m)	=	10.38
Empuje Activo Tierras	**Pa** (KN/m)	=	1.25

8.5 ESPECTRO DE DISEÑO ELÁSTICO

Para el espectro de diseño se contempló lo estipulado en el apartado A.2.6.1 de la NRS-10 en donde con un coeficiente de amortiguamiento crítico del 5 % se establece la siguiente figura:

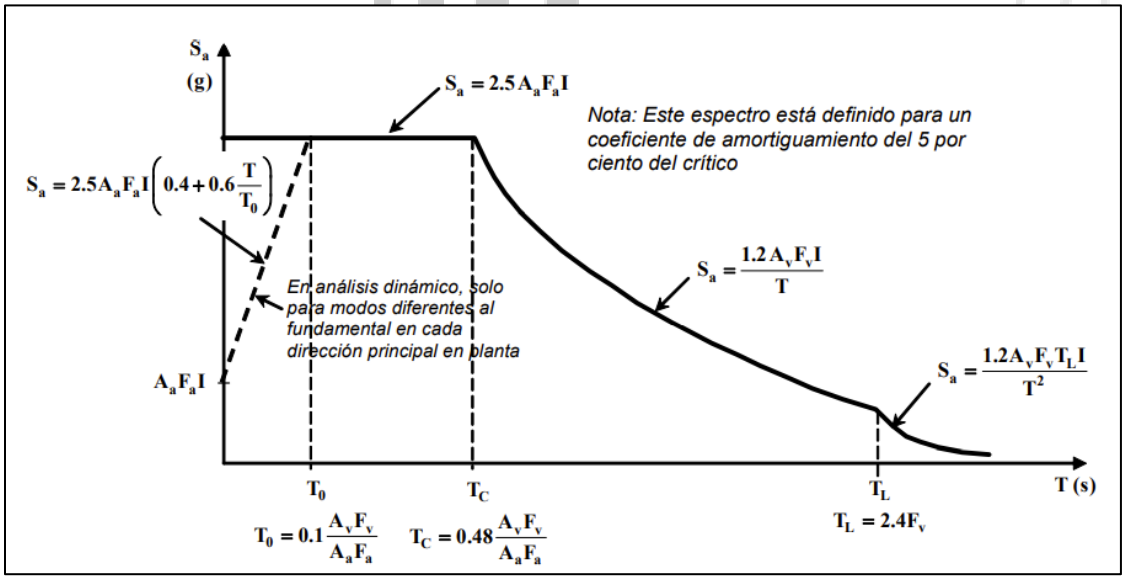


Imagen 8-3. Espectro elástico de aceleración de diseño como fracción de g

Para realizar el análisis de los periodos de la estructura bajo los efectos de las condiciones locales, se reemplazan los valores de la siguiente tabla ya definidos anteriormente:

EFECTOS LOCALES NRS-10 TITULO A	
Coeficiente de amplificación (Fa)	1.5
Coeficiente de amplificación (Fv)	1.9
Coeficiente de aceleración (Aa)	0.35
Coeficiente de importancia (I)	1.5
Coeficiente de velocidad (Av)	0.25

8.6 Cálculo de periodo de vibración corto

$$TC = 0{,}48\frac{Av * Fv}{Aa * Fa}$$

Siendo:

- Av =0,25
- Fv =1,90
- Aa = 0,35
- Fa = 1,5

Entonces:

$$TC = 0{,}48\frac{0{,}25 * 1{,}9}{0{,}35 * 1{,}5}$$

$$\boldsymbol{TC = 1{,}97\ s}$$

8.7 Cálculo de periodo de vibración largo

$$TL = 2{,}4 * 1.9$$

Siendo:

- Fv =1,90

Entonces:

$TL = 2{,}4 * 1{,}90$
$\boldsymbol{TL = 4{,}56\ s}$

8.8 Cálculo espectro de aceleración de diseño

Conocido el periodo fundamental de la estructura, se realiza una comparación establecida por la NRS-10 en el titulo A.2.6.1.2 , donde se evidencia que la fórmula para el espectro de aceleración de diseño se define así:

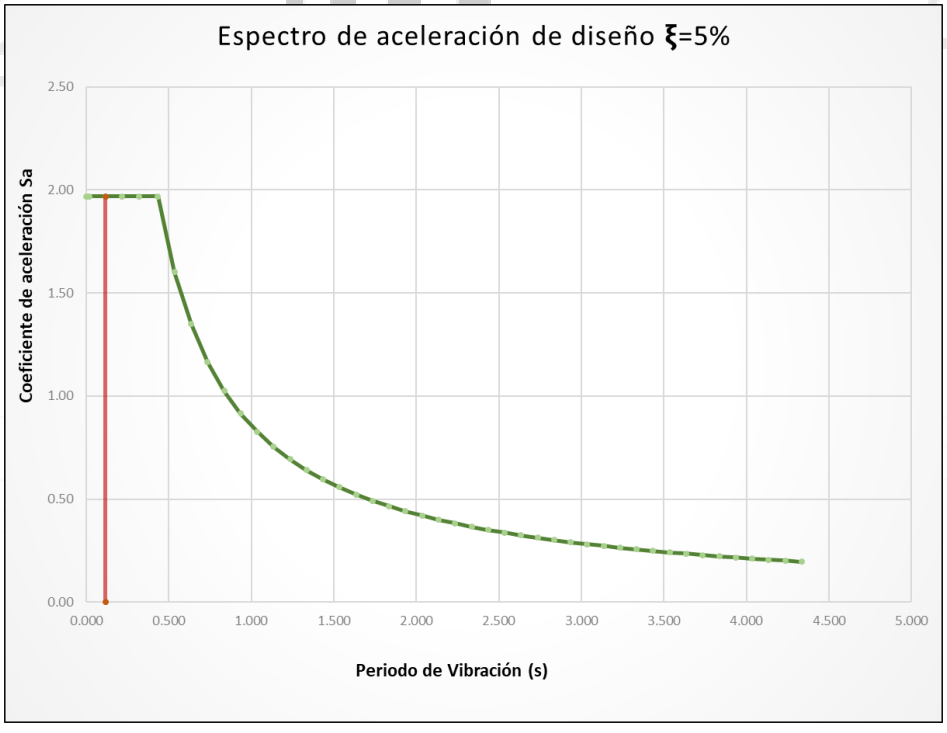
$Sa = 2{,}5 * Aa * Fa * I$

Siendo:

- Aa =0,35
- Fa =1,5
- I = 1,50

Entonces:

$Sa = 2{,}5 * 0{,}35 * 1{,}50 * 1{,}50$
$\boldsymbol{Sa = 1{,}97}$



8.9 Revisión FHE

Se realiza el chequeo estructural por el método de fuerza Horizontal Equivalente (FHE) definido en el titulo A de la NRS-10, capítulo A.4.

8.9.1 Cálculo de Cu

Valor para verificación del periodo aproximado definido en la ecuación (A.4.2-2)

$Cu = 1{,}75 - (1.2 * Av * Fv)$

Siendo:

- Av =0,25
- Fv =1,90

Entonces:

$Cu = 1{,}75 - (1.2 * 0{,}25 * 1.90)$
$\boldsymbol{Cu = 1.18\ s}$

8.9.2 Periodo Aproximado (Ta)

Cálculo del periodo aproximado definido en la ecuación (A.4.2-3)

$Ta = Ct * h^{\alpha}$

Siendo:

- Ct =Parametro definido en tabla A.4.2-1.
- h = Altura de la edificación (m)
- α = Parametro definido en tabla A.4.2-1.

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros C_t y α, donde C_w se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Imagen 8-9.2. Esquema Caseta de operaciones

Entonces:

$Ta = 0{,}047 * 1{,}34^{0.90}$

$\boldsymbol{Ta = 0{,}06\ s}$

Según verificación por del título A en apéndice A.4.2.1. de la NRS-10 el periodo aproximado cumple.

8.9.3 Cálculo de fuerza sísmica (Vs)

Se aplica el método de fuerza horizontal equivalente obteniendo lo siguientes valores:

NIVEL	MASA (kN)	ALTURA (m)	ALTURA^h	M*h^h	Cvx	Fs (kN)
1	600.98	1.4	1.4	841.38	100%	600.9825
Σ	600.98	1.40	1.40	841.38	1.00	600.98

$Vs = Fs * Sa$

Siendo:

- $Fs = 600{,}98\ KN$ Fuerza sísmica.
- $Sa = 1{,}97$ Espectro de aceleración.

Entonces:

- $Vs = 600{,}98\ kN * 1{,}97 * Sa$
- $\boldsymbol{Vs = 1183{,}2\ kN}$

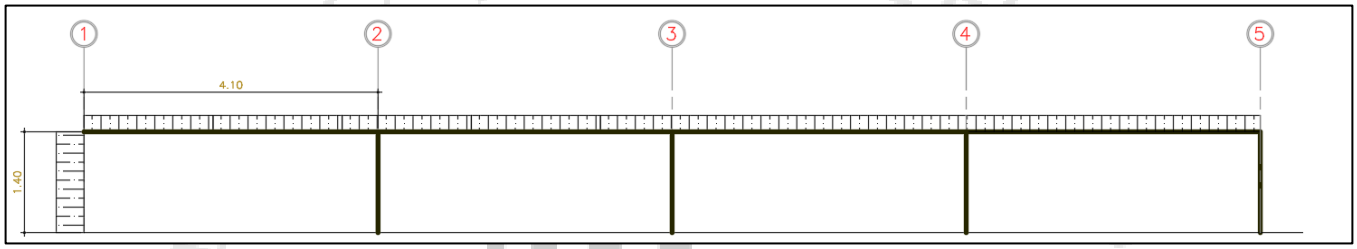
8.10 Revisión análisis dinámico

Se realizara verificación de la fuerza cortante basal y la fuerza sísmica por métodos de análisis dinámico.

8.10.1 Calculo Rigidez

Se realiza calculo de la rigidez a partir de método matricial.

- Sentido X



ELEMENTO	NOMBRE	L (m)	b (m)	h (m)	Area (m^2)	I (m4)	AE/L (kN/m)	2EI/L (kN/m)	4EI/L (kN/m)	6EI/L^2 (kN/m)	12EI/L^3 (kN/m)
Columna	D-A	1.4	0.4	0.30	0.12	0.00090	1973589	29604	59208	63437	90624
Viga	A-B	4.1	0.4	0.50	0.2	0.00417	1123181	46799	93598	34243	16704
Columna	E-B	1.4	0.4	0.30	0.12	0.00090	1973589	29604	59208	63437	90624
Viga	B-C	4.1	0.4	0.50	0.2	0.00417	1123181	46799	93598	34243	16704
Columna	F-C	1.4	0.4	0.30	0.12	0.00090	1973589	29604	59208	63437	90624

ACERTAR INGENERIA S.A.S.
SOLUCIONES INTEGRALES PARA LA CONSTRUCIÓN

MATRIZ INDIVIDUAL EN COORDENADAS GLOBALES

COLUMNA D - A

	U_D	V_D	Φ_D	U_A	V_A	Φ_A	
X_D	90624	0	-63437	-90623.979	0	-63437	U_D
Y_D	0	1973589	0	0.000	-1973589	0	V_D
M_D	-63437	0	59208	63436.785	0	29604	Φ_D
X_A	-90624	0	63437	90623.979	0	63437	U_A
Y_A	0	-1973589	0	0.000	1973589	0	V_A
M_A	-63437	0	29604	63436.785	0	59208	Φ_A

$$[K'] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix} \end{array}$$

VIGA A - B

	U_A	V_A	Φ_A	U_B	V_B	Φ_B	
X_A	1123181	0	0	-1123180.663	0	0	U_A
Y_A	0	16704	34243	0.000	-16704	34243	V_A
M_A	0	34243	93598	0.000	-34243	46799	Φ_A
X_B	-1123181	0	0	1123180.663	0	0	U_B
Y_B	0	-16704	-34243	0.000	16704	-34243	V_B
M_B	0	34243	46799	0.000	-34243	93598	Φ_B

$$[K'] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix} \end{array}$$

COLUMNA E-B

	U_E	V_E	Φ_E	U_B	V_B	Φ_B	
X_E	90624	0	-63437	-90623.979	0	-63437	U_E
Y_E	0	1973589	0	0.000	-1973589	0	V_E
M_E	-63437	0	59208	63436.785	0	29604	Φ_E
X_B	-90624	0	63437	90623.979	0	63437	U_B
Y_B	0	-1973589	0	0.000	1973589	0	V_B
M_B	-63437	0	29604	63436.785	0	59208	Φ_B

$$[K'] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix} \end{array}$$

VIGA B - C

	U_B	V_B	Φ_B	U_C	V_C	Φ_C	
X_B	1123181	0	0	-1123180.663	0	0	U_B
Y_B	0	16704	34243	0.000	-16704	34243	V_B
M_B	0	34243	93598	0.000	-34243	46799	Φ_B
X_C	-1123181	0	0	1123180.663	0	0	U_C
Y_C	0	-16704	-34243	0.000	16704	-34243	V_C
M_C	0	34243	46799	0.000	-34243	93598	Φ_C

$$[K'] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix} \end{array}$$

COLUMNA F - C

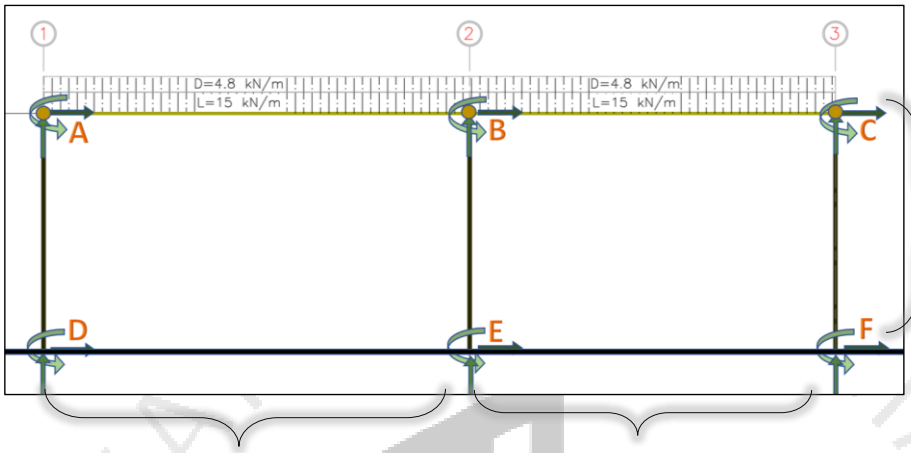
	U_F	V_F	Φ_F	U_C	V_C	Φ_C	
X_F	90624	0	-63437	-90623.979	0	-63437	U_F
Y_F	0	1973589	0	0.000	-1973589	0	V_F
M_F	-63437	0	59208	63436.785	0	29604	Φ_F
X_C	-90624	0	63437	90623.979	0	63437	U_C
Y_C	0	-1973589	0	0.000	1973589	0	V_C
M_C	-63437	0	29604	63436.785	0	59208	Φ_C

$$[K] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

0	U_A	V_A	Φ_A	U_B	V_B	Φ_B	U_C	V_C	Φ_C	U_D	V_D	Φ_D	U_E	V_E	Φ_E	U_F	V_F	Φ_F
X_A	1213804.642	0	63437	-1123180.663	0	0	0	0	0	-90624	0	63437	0	0	0	0	0	0
Y_A	0.000	1990293	34243	0.000	-16704	34243	0	0	0	0	-1973589	0	0		0	0	0	0
M_A	63436.785	34243	152806	0.000	-34243	46799	0	0	0	-63437	0	29604	0	0	0	0	0	0
X_B	-1123181	0	0	2336985.304	0	63437	-1123180.663	0	0	0	0	0	-90624	0	63437	0	0	0
Y_B	0	-16704	-34243	0.000	2006997	0	0.000	-16704	34243	0	0	0	0	-1973589	0	0	0	0
M_B	0	34243	46799	63436.785	0	246404	0.000	-34243	46799	0	0	0	-63437	0	29604	0	0	0
X_C	0	0	0	-1123181	0	0	1213804.642	0	63437	0	0	0	0	0	0	-90624	0	63437
Y_C	0	0	0	0	-16704	-34243	0.000	1990293	-34243	0	0	0	0	0	0	0	-1973589	0
M_C	0	0	0	0	34243	46799	63436.785	-34243	152806	0	0	0	0	0	0	-63437	0	29604
X_D	-90623.979	0	-63437	0	0	0	0	0	0	90624	0	-63437	0	0	0	0	0	0
Y_D	0.000	-1973589	0	0	0	0	0	0	0	0	1973589	0	0	0	0	0	0	0
M_D	63436.785	0	29604	0	0	0	0	0	0	-63437	0	59208	0	0	0	0	0	0
X_E	0	0	0	-90623.979	0	-63437	0	0	0	0	0	0	90624	0	-63437	0	0	0
Y_E	0	0	0	0.000	-1973589	0	0	0	0	0	0	0	0	1973589	0	0	0	0
M_E	0	0	0	63436.785	0	29604	0	0	0	0	0	0	-63437	0	59208	0	0	0
X_F	0	0	0	0	0	0	-90623.979	0	-63437	0	0	0	0	0	0	90624	0	-63437
Y_F	0	0	0	0	0	0	0.000	-1973589	0	0	0	0	0	0	0	0	1973589	0
M_F	0	0	0	0	0	0	63436.785	0	29604	0	0	0	0	0	0	-63437	0	59208

RIGIDEZ LATERAL	
195583.929	**Kn/m**

RIGIDEZ TOTAL DE PÓRTICOS EN SENTIDO X	
977919.6	**kN/m**



ELEMENTO	NOMBRE	L (m)	b (m)	h (m)	Area (m^2)	I (m4)	AE/L (kN/m)	2EI/L (kN/m)	4EI/L (kN/m)	$6EI/L^2$ (kN/m)	$12EI/L^3$ (kN/m)
Columna	C-A	1.4	0.2	0.2	0.04	0.00013	657863	4386	8772	9398	13426
Viga	A-B	4.3	0.2	0.2	0.04	0.00013	214188	1428	2856	996	463
Columna	D-B	1.4	0.2	0.2	0.04	0.00013	657863	4386	8772	9398	13426

MATRIZ INDIVIDUAL EN COORDENADAS GLOBALES

COLUMNA C - A

	Uc	Vc	Φ c	U_A	V_A	Φ_A	
X c	13426	0	-9398	-13426	0	-9398	U_D
Y c	0	657863	0	0	-657863	0	V_D
M c	-9398	0	8772	9398	0	4386	Φ_D
X_A	-13426	0	9398	13426	0	9398	U_A
Y_A	0	-657863	0	0	657863	0	V_A
M_A	-9398	0	4386	9398	0	8772	Φ_A

$$[K'] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

VIGA A - B

	U_A	V_A	Φ_A	U_B	V_B	Φ_B	
X_A	214188	0	0	-214188	0	0	U_A
Y_A	0	463	996	0	-463	996	V_A
M_A	0	996	2856	0	-996	1428	Φ_A
X_B	-214188	0	0	214188	0	0	U_B
Y_B	0	-463	-996	0	463	-996	V_B
M_B	0	996	1428	0	-996	2856	Φ_B

$$[K'] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

COLUMNA D-B

	U_D	V_D	Φ_D	U_B	V_B	Φ_B	
X_D	13426	0	-9398	-13426	0	-9398	U_E
Y_D	0	657863	0	0	-657863	0	V_E
M_D	-9398	0	8772	9398	0	4386	Φ_E
X_B	-13426	0	9398	13426	0	9398	U_B
Y_B	0	-657863	0	0	657863	0	V_B
M_B	-9398	0	4386	9398	0	8772	Φ_B

$$[K'] = \begin{array}{c} \begin{matrix} u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 \\ -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

0	U_A	V_A	Φ_A	U_B	V_B	Φ_B	U_C	V_C	Φ_C	U_D	V_D	Φ_D
X c	-13426	0	-9398	0	0	0	13426	0	-9398	0	0	0
Y c	0	-657863	0	0	0	0	0	657863	0	0	0	0
M c	9398	0	4386	0	0	0	-9398	0	8772	0	0	0
X A	227614	0	9398	-214188	0	0	-13426	0	9398	0	0	0
Y A	0	658326	996	0	-463	996	0	-657863	0	0	0	0
M A	9398	996	11627	0	-996	1428	-9398	0	4386	0	0	0
X D	0	0	0	-13426	0	-9398	0	0	0	13426	0	-9398
Y D	0	0	0	0	-657863	0	0	0	0	0	657863	0
M D	0	0	0	9398	0	4386	0	0	0	-9398	0	8772
X B	-214188	0	0	227614	0	9398	0	0	0	-13426	0	9398
Y B	0	-463	-996	0	658326	-996	0	0	0	0	-657863	0
M B	0	996	1428	9398	-996	11627	0	0	0	-9398	0	4386

RIGIDEZ LATERAL X1	
6712.88734	**kN/m**

RIGIDEZ TOTAL DE TODOS LOS PORTICOS EN SENTIDO X	
13425.8	**kN/m**

8.11 Parámetros de parámetros dinámicos

8.11.1 Cálculo de frecuencia natural (w)

Se realiza cálculo de la frecuencia natural de la estructura:

$$fi = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

Siendo:

- $K = 17438\ kN*$ m Rigidez.
- $m = 22.01\ Ton$ Masa dinámica.

Entonces:

$$fi = \sqrt{\frac{17438}{22,01}}$$

$$\boldsymbol{fi = 28,81\ rad/s}$$

8.11.2 Cálculo del periodo fundamental

$Ta = 2 * \boldsymbol{\pi}\ / \boldsymbol{fi}$

Siendo:

- $\boldsymbol{\pi} = 3.1416$
- $fi = 28,81\ rad/\ s$ Frecuencia natural-

Entonces:

$Ta = 2 * \boldsymbol{3,1416/28,81 rad/s}$
$Ta = 0,21s$

8.11.3 Calculo Basal cortante

Fuerza de restitución a través de cálculo matricial para análisis de estructuras de un grado de libertad.

ξ =5%		
Tiempo (s)	Desplazamiento (m) "Diafragma Rigido"	Fuerza de Restituciòn Fr (kN)
Max kN	375.9216911	

$Vs = Fs * Sa$

Siendo:

- $Fs = 375{,}92\ KN$ Fuerza sísmica.
- $Sa = 1{,}97$ Espectro de aceleración.

Entonces:

- $Vs = 375{,}92\ kN * 1{,}97 * Sa$
- $\boldsymbol{Vs = 740{,}56\ kN}$

8.12 Combinaciones de carga

Según lo establecido en el Titulo B.2.4.2 de la NSR-10, las combinaciones de carga empleadas para el análisis y posterior diseño del tanque se muestran a continuación

COMBINACIÓN DE CARGAS VERIFICACION DEL ESTADO DE LIMITE DE SERVICIO												
COMBINACIÓN	VALORES POR AVALUO DE CARGAS											
	164.48	#¡REF!	0	0	11.40	0	0	0	#¡REF!	0	0	0
	D	F	Fa	G	L	Le	Lr	Lo	H	W	T	E
D+F	164.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D + H + F + L + T	164.5	-	-	-	11.395	-	-	-	-	-	0	-
D + H + F + (Lr o G o Le)	164.5	-	-	0	-	0	0	-	-	-	-	-
D + H + F + 0,75(L+T) + 0,75(Lr o G o Le)	164.5	-	-	0	8.5463	0	0	-	-	-		-
D + H + F + W	164.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
D + H + F + 0,70E	164.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
D + H + F + 0,75W + 0,75L + 0,75(Lr o G o Le)	164.5	-	-	0	8.5463	0	0	-	-	0	-	-
D + H + F + 0,75(0,7E) + 0,75L + 0,75(Lr o G o Le)	164.5	-	-	0	8.5463	0	0	-	-	-	-	0
0,60D + W + H	98.7	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
0,60D + 0,70E + H	98.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Se debe escoger cuando se presente carga
Carga combinada y reportada en otra celda
Carga solicitada a combinar

COMBINACIÓN DE CARGAS BASICAS MÉTODO DE RESISTENCIA												
COMBINACIÓN	VALORES POR AVALUO DE CARGAS											
	164.48	#¡REF!	0	0	11.40	0	0	0	199.3169	0	0	0
	D	F	Fa	G	L	Le	Lr	Lo	H	W	T	E
1,4(D+F)	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2(D+F+T) + 1,6(L+H) + 0,5(Lr O G oLe)	-		-	0	337.14	0	0	-		-		-
1,2D + 1,6(Lr O G oLe) + (L o 0,80W)	197.4	-	-	0	11.395	0	0	-	-	0	-	-
1,2D + 1,6W+ 1,0L + 0,5(Lr O G oLe)	197.4	-	-	0	11.395	0	0	-	199.3169	0	-	-
1,2D + 1,0E +1,0L	197.4	-	-	-	11.395	-	-	-	-	-	-	0
0,9D + 1,6W + 1,6H	148.0	-	-	-	-	-	-	-	318.907	0	-	-
0,9D + 1,0E + 1,6H	148.0	-	-	-	-	-	-	-	318.907	-	-	0

Se debe escoger cuando se presente carga
Carga combinada y reportada en otra celda
Carga solicitada a combinar

8.13 Análisis de viento .

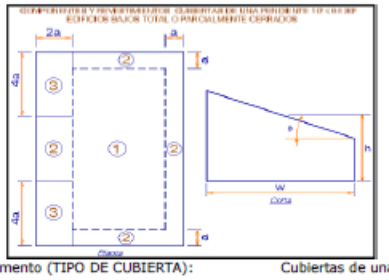
CORPACERO Pioneros. Líderes y Expertos	Memorias de cálculo **ANALISIS DE CARGAS DE VIENTO NSR - 10 (Procedimiento Analítico)**	Fecha feb. 11 / 2023
	Proyecto **CASETA DE OBSERVACIÓN**	Aprobó

Fuerzas de Viento NSR-10

Análisis para Etapa:	Funcionamiento
Tipo Edificación:	Componentes y Revestimientos
Sistema Estructural:	Clasificación de la Estructura:
Altura media de Cubierta (m):	Cerrado
Tipo de Elemento de Revestimiento:	2.25
Tipo de Cubierta del Elemento:	Cubiertas
Longitud del Elemento (m):	Cubiertas de una pendiente
Ancho Aferente del Elemento (m):	4.250
	3.850
Dimensión Horizontal de la Estructura (Paralela al Viento) (L) (m):	Dimensión Horizontal de la Estructura (Normal al Vi
Ángulo de la Cubierta (°)	2.84
Velocidad de Viento Básica (Km/h) (Ver Mapa):	15
Grupo de Uso de la Estructura:	80
Región de la Estructura (m):	IV
Rugosidad del Terreno:	Región sin huracanes
Categoria de Exposición:	Rugosidad B
La Estructura cumple TODOS los Efectos Topográficos (Ver Ayuda):	B
	No

CORPACERO Pioneros, Líderes y Expertos	Memorias de cálculo **ANALISIS DE CARGAS DE VIENTO NSR - 10 (Procedimiento Analítico)**	Fecha feb. 11 / 2023
	Proyecto **CASETA DE OBSERVACIÓN**	Aprobó

TIPO DE ESTRUCTURA: **Componentes y Revestimientos**



Tipo de Cubierta a la que pertenece el Elemento (TIPO DE CUBIERTA):	Cubiertas de una pendiente
Longitud del Elemento (m):	4.250
Aferencia del Elemento (Separación entre Correas) (m):	2.84
Área Efectiva contra Viento (m²):	6.02
Altura Media de la Estructura (h) (m):	2.25
Dimensión Horizontal de la Estructura (Paralela al Viento) (L) (m):	4.25
Dimensión Horizontal de la Estructura (Normal al Viento) (B) (m):	2.84
Ángulo de Inclinación de la Cubierta (Barlovento) :	15
Ángulo de Inclinación de la Cubierta (Sotavento) :	0
Período del Edificio (T) (seg):	0
Clasificación de la Estructura:	
ESTRUCTURA:	RIGIDA
EDIFICIO:	Cerrado
EDIFICIO:	Bajo
FLUJO DE VIENTO:	
TIPO DE CUBIERTA:	Una Pendiente
Velocidad de Viento Básica (Según Mapa) (V) (m/s):	22
Factor de Dirección de Viento (Kd):	0.85
Uso de la Estructura (grupo):	IV
Tipo de Región de la Estructura (Clase):	Región sin huracanes
Factor de Importancia (I):	1.15

CORPACERO	Memorias de cálculo **ANALISIS DE CARGAS DE VIENTO NSR - 10 (Procedimiento Analítico)**	Fecha feb. 11 / 2023
	Proyecto **CASETA DE OBSERVACIÓN**	Aprobó

Rugosidad de Terreno :	Rugosidad B
Altura de la Estructura por encima del Terreno (Z) (m):	9
Exponente para la ley potencial de la velocidad de ráfaga de 3 seg. (α) (-):	7
Altura nominal de la Capa Atmosférica Limite (Zg) (m):	365.8
Categoría de Exposición :	B
Coeficiente de Exposición de Presión por Velocidad (Kh):	0.7
Su Estructura cumple TODOS los Efectos Topográficos:	No
Factor Topográfico (Kzt):	1
Altura Equivalente de la Estructura (Zb) (m):	9
Factor de Escala de Longitud Integral (l) (m):	97.5
Exponente para la Ley Potencial (εb) (-):	1/3
Longitud Integral a Escala de la Turbulencia (Lzb) (m):	94.14
Factor de Respuesta del Entorno (Q) (-):	0.954
Intensidad de Turbulencia a la Altura zb (Izb) (-):	0.305
Factor Pico para Respuesta del Entorno y Viento respectivamente (gQ = gv) (-):	3.4
Velocidad de Viento Promedia por una hora a una altura z (Vbzb) (m/s):	9.643
Coeficiente de Amortiguamiento Critico (β) (-):	0
Frecuencia Natural del Edificio (η1) (Hz):	0
Frecuencia para RL (ηRL) (Hz):	0
Frecuencia para RB (ηRB) (Hz):	0
Frecuencia para Rh (ηRh) (Hz):	0
Factor de Respuesta para L (RL) (-):	1
Factor de Respuesta para B (RB) (-):	1
Factor de Respuesta para h (Rh) (-):	1
Frecuencia Reducida (N1) (-):	0
Valor (Rn) (-):	0
Factor de Respuesta de Resonancia (R) (-):	0
Factor Pico para Respuesta de Resonancia (gR) (-):	0

CORPACERO Pioneros. Líderes y Expertos	Memorias de cálculo **ANALISIS DE CARGAS DE VIENTO NSR - 10 (Procedimiento Analítico)**	Fecha feb. 11 / 2023
	Proyecto **CASETA DE OBSERVACIÓN**	Aprobó

Coeficiente de Presión Interna (GCpi+) (-): 0.18

Coeficiente de Presión Interna (GCpi-) (-): -0.18

a (m): 1

Coeficientes de Presión Externa CUBIERTA Edificios Bajos (C & R):

Zona 1	GCp+ (-)	0.326
	GCp- (-)	-1.149
Zona 2	GCp+ (-)	0.326
	GCp- (-)	-1.298
Zona 2'	GCp+ (-)	0.00
	GCp- (-)	0.00
Zona 3	GCp+ (-)	0.326
	GCp- (-)	-2.345
Zona 3'	GCp+ (-)	0.00
	GCp- (-)	0.00

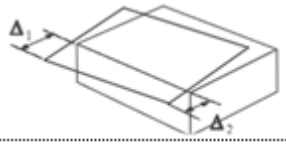
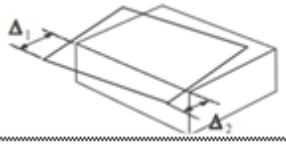
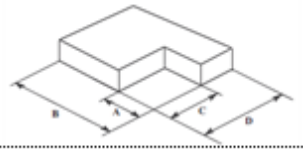
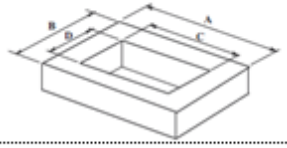
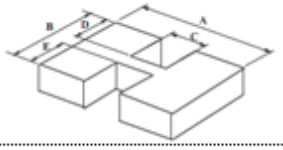
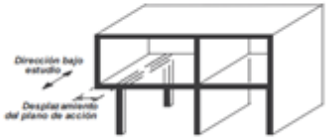
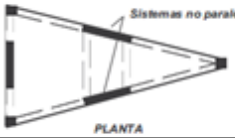
Presiones de Diseño CUBIERTA (Cubiertas de una pendiente 10° < θ ≤ 30°) Edificios

Zona 1	P. Dis. con GCp+ y con GCpi+ (kg/m²)	2.953
	P. Dis. con GCp+ y con GCpi- (kg/m²)	10.234
	P. Dis. con GCp- y con GCpi+ (kg/m²)	-25.88
	P. Dis. con GCp- y con GCpi- (kg/m²)	-18.599
Zona 2	P. Dis. con GCp+ y con GCpi+ (kg/m²)	2.953
	P. Dis. con GCp+ y con GCpi- (kg/m²)	10.234
	P. Dis. con GCp- y con GCpi+ (kg/m²)	-29.694
	P. Dis. con GCp- y con GCpi- (kg/m²)	-22.612
Zona 3	P. Dis. con GCp+ y con GCpi+ (kg/m²)	2.953
	P. Dis. con GCp+ y con GCpi- (kg/m²)	10.234
	P. Dis. con GCp- y con GCpi+ (kg/m²)	-51.07
	P. Dis. con GCp- y con GCpi- (kg/m²)	-43.789

*El NSR-10 (B.6.1.3) estipula que la presión de diseño no será menor de 0.40kN/m² (40 kg/m²)

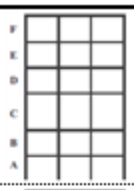
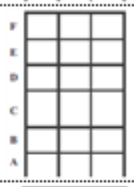
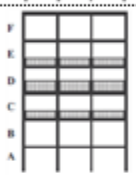
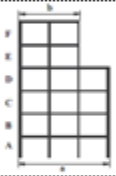
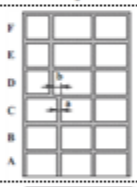
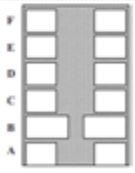
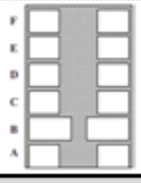
1. CHEQUEO IRREGULARIDAD EN PLANTA SEGÚN TABLA A.3-6

Número de pisos: 1 Grupo de uso: 0

TIPO	DESCRIPCIÓN	FIGURA	REVISIÓN	øp
1aP	Irregularidad torsional $1.4\left(\frac{\Delta_1+\Delta_2}{2}\right) \geq \Delta_1 > 1.2\left(\frac{\Delta_1+\Delta_2}{2}\right)$		☐	1.00
1bP	Irregularidad torsional extrema $\Delta_1 > 1.4\left(\frac{\Delta_1+\Delta_2}{2}\right)$		☐	1.00
2P	Retrocesos en las esquinas $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$		☐	1.00
3P	Irregularidad del diafragma $C * D > 0.5\ A * B$		☐	1.00
3P	Irregularidad del diafragma $(C * D + C * E) > 0.5\ A * B$		☐	1.00
4P	Desplazamiento de los planos de acción		☐	1.00
5P	Sistemas no paralelos		☐	1.00
	RESULTADO ACUMULADO		**Regular**	**1.00**

Notas:

- No se presenta irregularidad en planta, descrita como se indica en A.3-6.

TIPO	DESCRIPCIÓN	FIGURA	REVISIÓN	øa
1aA	Piso flexible $0.60\ \text{Rigidez}\ K_D \leq \text{Rigidez}\ K_C < 0.70\ \text{Rgidez}\ K_D$ o $\frac{0.70(K_D + K_E + K_F)}{3} \leq \text{Rigidez}\ K_C < \frac{0.80(K_D + K_E + K_F)}{3}$		☐	1.00
1bA	Piso flexible extremo $\text{Rigidez}\ K_C < 0.60\ \text{Rigidez}\ K_D$ o $\text{Rigidez}\ K_C < 0.70(K_D + K_E + K_F)$		☐	1.00
2A	Distribución masa $m_D > 1.50 m_E$ o $m_D > 1.50 m_C$		☐	1.00
3A	Geométrica $a > 1.30\ b$		☐	1.00
4A	Desplazamiento dentro del plano de acción $b > a$		☐	1.00
5aA	Piso débil $0.65\ \text{Resist. Piso C} \leq \text{Resist. Piso B} < 0.80\ \text{Resist. Piso C}$		☐	1.00
5bA	Piso débil extremo $\text{Resistencia Piso B} < 0.65\ \text{Resistencia Piso C}$		☐	1.00
	RESULTADO ACUMULADO		**Regular**	**1.00**

Notas:

- Como la deriva de cualquier piso es menor de 1.3 veces la deriva del piso siguiente hacia arriba, no se consideraron las irregularidades tipos 1aA, 1bA, 2A y 3A.
- No se presenta irregularidad en altura, como se indica en A.3-7.

COMBINACIONES DE CARGA – DERIVAS Y DISEÑO

D	=	Carga muerta				
L	=	Carga viva				
Fx	=	Fuerza sísmica en X sin reducir				
Fy	=	Fuerza sísmica en Y sin reducir				
Ex	=	Fuerza sísmica de diseño en X (Reducida)				
Ey	=	Fuerza sísmica de diseño en Y (Reducida)				
Ro	=	5.00	*Pórticos resistentes a momento Concreto Ref. Capacidad* ***DMO***			
Φax	=	1.00	Φay	=	1.00	
Φpx	=	1.00	Φpy	=	1.00	
Φ_{Rx}	=	1.00	Φ_{Ry}	=	1.00	
Rx	=	5.000	Ry	=	5.000	

Factores de ajuste:

Fx=	1.030
Fy=	1.020

Nota: Todas las combinaciones de carga están afectadas por los respectivos factores de ajuste.

CHEQUEO DE LA DERIVA	D	L	Fx	Fy
1	1.20	1.00	±1.030	±0.306
2	1.20	1.00	±0.309	±1.020
3	0.90		±1.030	±0.306
4	0.90		±0.309	±1.020

FLEXIÓN Y COMPRESIÓN	D	L	Ex [Abs]	Ey [Abs]
5	1.40			
6	1.20	1.60		
7	1.20	1.00		
8	1.20	1.00	±0.206	±0.061
9	1.20	1.00	±0.062	±0.204
10	0.90		±0.206	±0.061
11	0.90		±0.062	±0.204

ACERTAR INGENERIA S.A.S.
SOLUCIONES INTEGRALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

VIGAS DE AMARRE

1. Se asume una sección: Según la NSR-10 numeral C.15.13.3, las dimensiones de las vigas de amarre deben establecerse en función de las solicitaciones que las afecten, dentro de las cuales se cuentan la resistencia a fuerzas axiales por razones sísmicas y la rigidez y características para efectos de diferencias de carga vertical sobre los elementos de cimentación y la posibilidad de ocurrencia de asentamientos totales y diferenciales.

Las vigas de amarre deben tener una sección tal que su mayor dimensión debe ser mayor o igual a L /20 para estructuras DES, L /30 para estructuras DMO y L /40 para estructuras DMI, donde L es la luz del elemento.

L (m)= 3.00
Capacidad de disipación de energía: DMO dimension mayor mínimo (m): 0.10
b (cm) = 25
h (cm) = 25 ok
d' (cm) = 5
d (cm) = 20
d/2 (cm) = 10

ρ = 0.0033 (mínimo)

As = ρ*b*d
As = 1.65 cm² (Refuerzo positivo)
As = 1.65 cm² (Refuerzo negativo)

2. La viga debe ser capaz de transmitir de columna a columna un porcentaje de la carga que baja por la columna, dicho porcentaje esta dado por 0.25Aa (NSR-10 A.3.6.4.2) donde Aa = 0.15 Tocancipa

0.25 Am = 3.75%

Máxima carga real que baja por la columna = 3.4 Ton
Factor de carga = 1.5
Carga última = 5.10 Ton

La fuerza axial que debe ser capaz de transmitir la viga de amarre a la columna adyacente (Pu) es:

Pu = 0.2 Ton

El refuerzo que necesita la viga para resistir la fuerza axial en tensión es:

fy = 4200 kg/cm²
As = 0.07 cm² (Refuerzo para toda la sección)

3. El momento y el cortante que se generan cuando un elemento de cimentación sufre un asentamiento son:

$$M = \frac{6EI\Delta}{L^2} \qquad V = \frac{12EI\Delta}{L^3}$$

Donde :

E = módulo de elasticidad del concreto
f'c = 210 kg/cm²
Ec = 218820 kg/cm²

DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Proyecto: *CASETA*

Diseño antepechos para carga sísmica

1. Datos del análisis sísmico de la estructura:

Aa =	*0.20*		*Ta =*	*0.3*	*seg*
I =	*1.00*		*Sa =*	*0.85*	
T =	*0.25*	*seg*	*Vs =*	*11.9*	*ton*
			k =	*1.00*	
			Desempeño =	*Superior*	

2. Amplificación dinámica del elemento no estructural

(A.9-2 y A.9-3 NSR-10).

a_p = *2.50* *Muro divisorio de altura total*

3. Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico

(A.9-2 y A.9-3 NSR-10).

R_p = *1.50* *Anclaje tipo dúctil*

Masa del elemento no estructural

Tipo de muro:	*Antepecho*	
Densidad del muro:	*1.80*	*Ton/m³*
Espesor del muro:	*0.12*	*m*
Distancia entre celdas rellenas:	*1.20*	*m*
Altura libre del muro:	*2.00*	*m*
Masa del muro:	*0.05*	*Ton -s/m*

Resultados análisis sísmico
CUBIERTA

$mx =$ 1.21 Ton-s/m
$Cvx =$ 1.00

$$ax = \frac{Cvx \; Vs}{mx \; g} < 2\,Sa \qquad \frac{1.00 \times 11.9}{1.2 \times 9.81} = 1.00 < 1.70$$

$$Fp = \frac{1.00 \times 2.50 \times 9.81 \times 0.05}{1.5} > \frac{0.20 \times 1.00 \times 9.81 \times 0.05}{2}$$

$Fp =$ 0.86 > 0.0518

$M = Fp \times L/4 =$ 0.43 Ton-m
$V = Fp/2 =$ 0.43 Ton

Materiales

Mamposteria	90	kg/cm^2
Acero	4200	kg/cm^2

* $\phi Vc = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times h =$ 5.13 Ton ok!
* Diseño para: b = 100 cm → d = 6 cm →
* $\rho =$ 0.0035 As = 2.11 cm^2 2#3

COMBINACIÓN DE CARGAS VERIFICACION DEL ESTADO DE LIMITE DE SERVICIO												
COMBINACIÓN	VALORES POR AVALUO DE CARGAS											
	457.43	#¡REF!	0	0	35.89	0	0	0	#¡REF!	0	0	0
	D	F	Fa	G	L	Le	Lr	Lo	H	W	T	E
D+F	457.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D + H + F + L + T	457.4	-	-	-	35.888	-	-	-	-	-	0	-
D + H + F + (Lr o G o Le)	457.4	-	-	0	-	0	0	-	-	-	-	-
D + H + F + 0,75(L+T) + 0,75(Lr o G o Le)	457.4	-	-	0	26.916	0	0	-	-	-		-
D + H + F + W	457.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
D + H + F + 0,70E	457.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
D + H + F + 0,75W + 0,75L + 0,75(Lr o G o Le)	457.4	-	-	0	26.916	0	0	-	-	0	-	-
D + H + F + 0,75(0,7E) + 0,75L + 0,75(Lr o G o Le)	457.4	-	-	0	26.916	0	0	-	-	-	-	0
0,60D + W + H	274.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
0,60D + 0,70E + H	274.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Se debe escoger cuando se presente carga
Carga combinada y reportada en otra celda
Carga solicitada a combinar

COMBINACIÓN	VALORES POR AVALUO DE CARGAS											
	457.43	#¡REF!	0	0	35.89	0	0	0	#¡REF!	0	0	0
	D	F	Fa	G	L	Le	Lr	Lo	H	W	T	E
1,4(D+F)	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2(D+F+T) + 1,6(L+H) + 0,5(Lr O G oLe)	-		-	0	#¡REF!	0	0	-		-		-
1,2D + 1,6(Lr O G oLe) + (L o 0,80W)	548.9	-	-	0	35.888	0	0	-	-	0	-	-
1,2D + 1,6W+ 1,0L + 0,5(Lr O G oLe)	548.9	-	-	0	35.888	0	0	-	#¡REF!	0	-	-
1,2D + 1,0E +1,0L	548.9	-	-	-	35.888	-	-	-	-	-	-	0
0,9D + 1,6W + 1,6H	411.7	-	-	-	-	-	-	-	#¡REF!	0	-	-
0,9D + 1,0E + 1,6H	411.7	-	-	-	-	-	-	-	#¡REF!	-	-	0

Se debe escoger cuando se presente carga
Carga combinada y reportada en otra celda
Carga solicitada a combinar

8.14 Combinaciones de carga