

## MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAS METÁLICAS

Proyecto	:	RECUPERACION DE LA INSTITUCION EDUCATIVA N° 20094 JUAN PABLO II EN CASERIO VEGAS DE CIENEGUILLO EN EL DISTRITO DE PIURA, PROVINCIA DE PIURA, DEPARTAMENTO DE PIURA
Materia	:	Estructuras Metálicas
Ubicación	:	CASERIO VEGAS DE CIENEGUILLO EN EL DISTRITO DE PIURA, PROVINCIA DE PIURA
Hecho por	:	ING. JAIME CRUZ JULIAN
Fecha	:	Junio 2021

---

### 1. INTRODUCCIÓN.

La presente memoria de cálculo presenta el análisis y diseño de los distintos elementos estructurales para una nave industrial a dos aguas, con luz libre entre ejes de columnas de 6.88 m y de 5.62 m de profundidad considerando una separación de 2.81 m entre armaduras principales, por lo que se tiene un área cubierta de  $6.88 \text{ m} \times 5.62 \text{ m} = 38.67 \text{ m}^2$  y con una flecha de 1 m. El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Piura, Región Piura, Perú.

### 2. NORMATIVA DE DISEÑO.

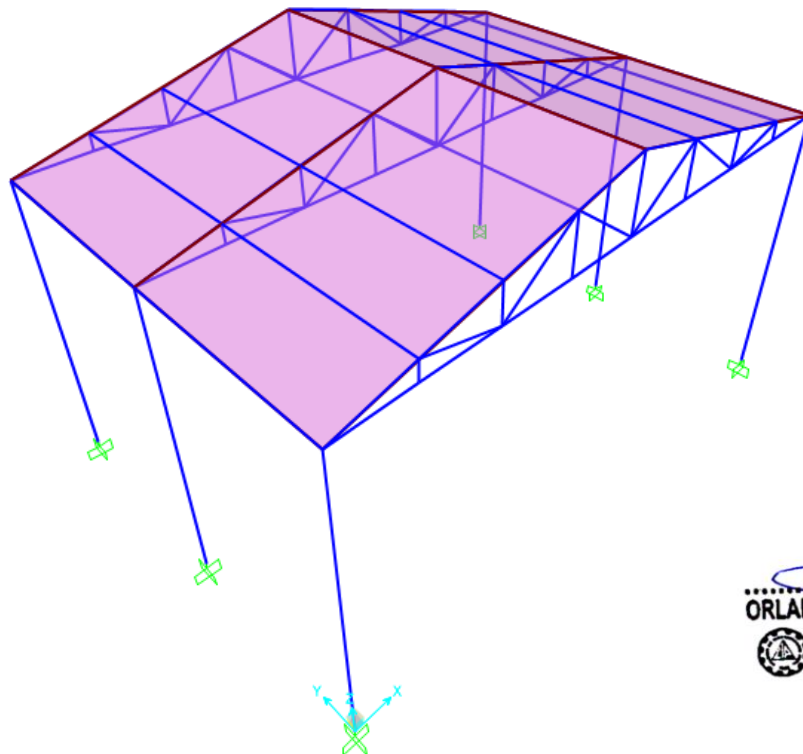
Reglamento nacional de edificaciones:

- E.020 - CARGAS.
- E.030 - DISEÑO SISMORRESISTENTE.
- E.050 - SUELOS Y CIMENTACIONES.
- E.060 - CONCRETO ARMADO.
- E.090 - ESTRUCTURAS METÁLICAS.



### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ESTRUCTURAL.

El proyecto de cobertura metálica tiene 6.88 m de longitud o luz libre, se plantean 3 armaduras o tijerales principales separados 2.81 m entre ejes para los 5.62 m de profundidad, de acuerdo a lo mostrado en el siguiente isométrico:



  
**ORLANDO CHUYES GUTIERREZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Registro CIP. N° 49221

## 4. METRADOS DE CARGAS.

## • CARGAS MUERTAS:

MATERIAL	PESO	UNIDAD	OBSERVACIÓN
<b>Tecno techo TR e = 0.40 - 0.50 mm</b>	4.3	Kgf/m <sup>2</sup>	Peso ficha técnica del producto.
<b>Luminarias, cables y otros</b>	5	Kgf/m <sup>2</sup>	Se considera pernos, soldadura, etc.
<b>CARGA MUERTA</b>	<b>9.3</b>	<b>Kgf/m<sup>2</sup></b>	

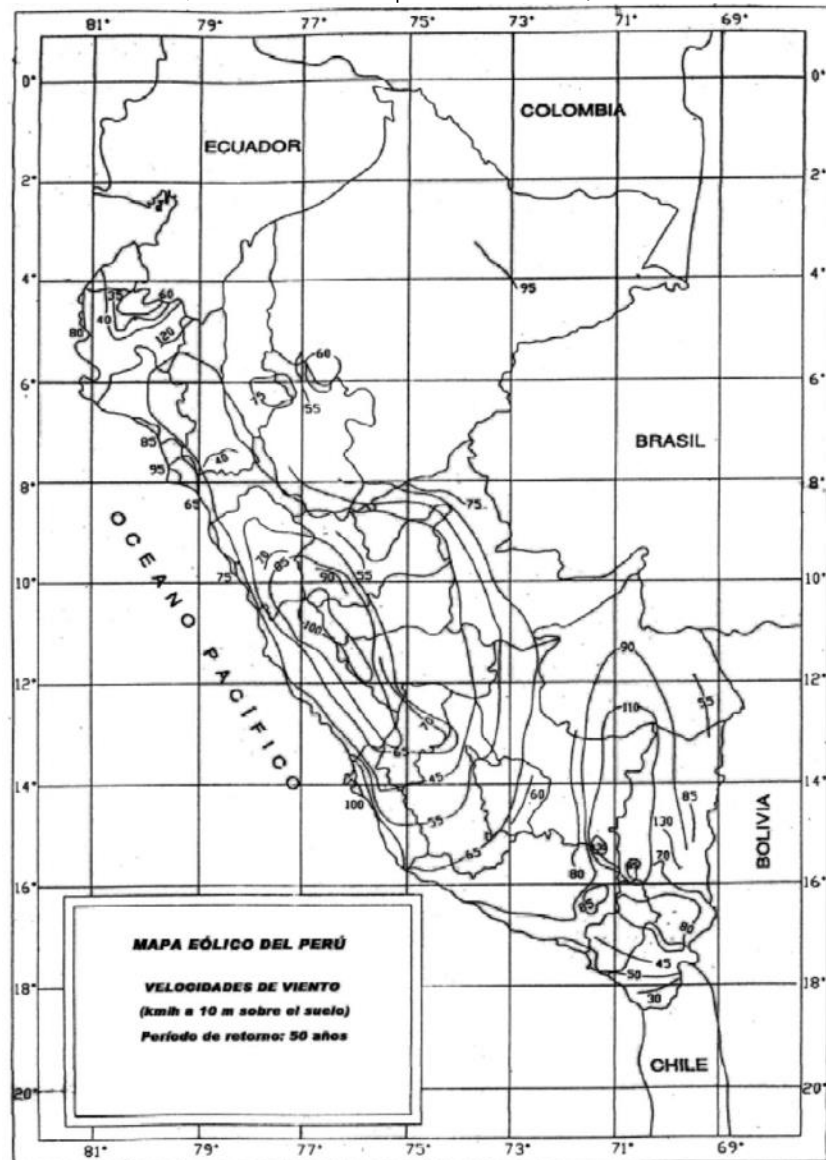
## • CARGAS VIVAS:

Según el artículo 7.1 de la norma E0.20 – CARGAS: Las cargas vivas mínimas para techos con coberturas livianas de planchas será de 30 kgf/m<sup>2</sup>

TIPO	PESO	UNIDAD	OBSERVACIÓN
<b>CARGA VIVA</b>	<b>30</b>	<b>Kgf/m<sup>2</sup></b>	Norma E.020

## • CARGAS DE VIENTO:

La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación, pero no menos de 75 km/h. Según el mapa eólico del Perú, a Piura le correspondería 40 km/h.



**ORLANDO CHUYES SUTIERREZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Registro CIP. N° 49221

La velocidad de diseño del viento se obtiene de la siguiente expresión:

$$V_h = V \left( \frac{h}{10} \right)^{0.22} = 40 \left( \frac{5.25}{10} \right)^{0.22} = 34.71 \text{ Km/h}$$

Donde:

H = 5.25 m desde el nivel de terreno.

Por lo tanto, se utilizará la velocidad mínima de 75 Km/h

CARGA EXTERIOR DEL VIENTO.

La carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual actúa. Se calculará mediante la expresión:

$$P_h = 0.005 C V_h^2$$

CARGA EXTERIOR DE VIENTO					
CONSTRUCCIÓN	FACTOR DE FORMA (C)		Vh (Km/h)	PRESIÓN O SUCCIÓN (Kgf/m2)	
	BARLOVENTO	SOTAVENTO		BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies inclinadas a 15° o menos.	0.3	-0.6	75	8.44	-16.88
	-0.7	-0.6	75	-19.69	-16.88

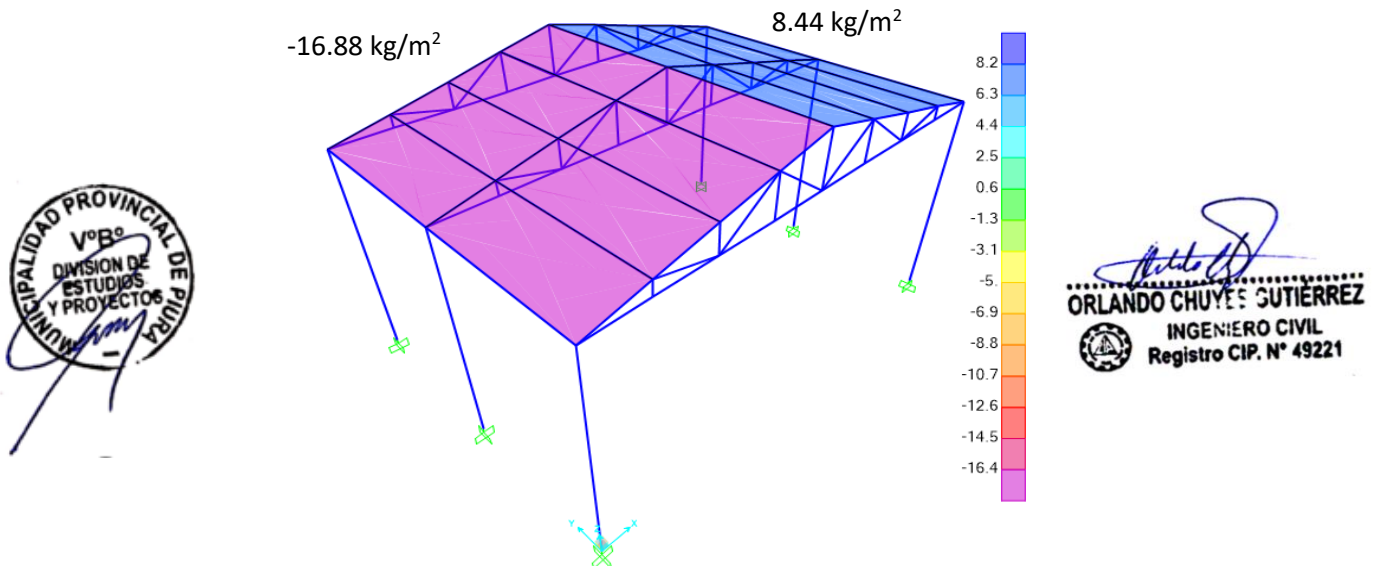
\*El signo positivo indica presión y el negativo succión

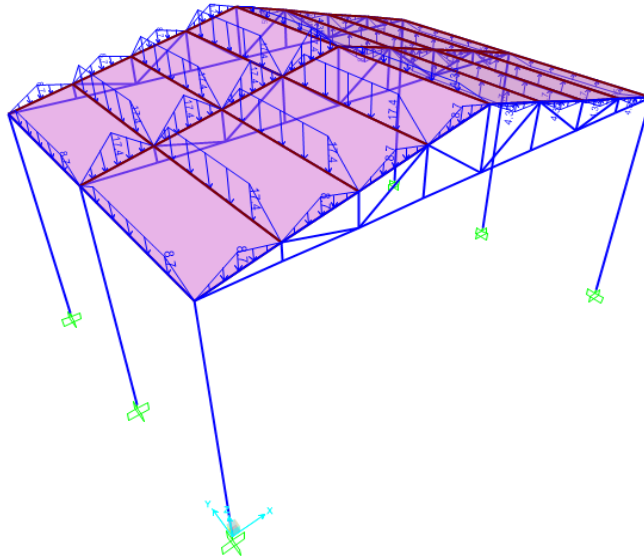
CARGA INTERIOR DE VIENTO					
ABERTURAS	FACTOR DE FORMA (C)		Vh (Km/h)	PRESIÓN O SUCCIÓN (Kgf/m2)	
	BARLOVENTO	SOTAVENTO		BARLOVENTO	SOTAVENTO
Uniforme en lados a barlovento y sotavento	0.3	0.3	75	8.44	8.44
	-0.3	-0.3	75	-8.44	-8.44

CARGAS DE VIENTO		
PRESIÓN O SUCCIÓN (Kgf/m2)		
	BARLOVENTO	SOTAVENTO
CASO1	16.88	-8.44
CASO2	-28.13	-25.31

Aplicación de casos de cargas de viento en software sap2000:

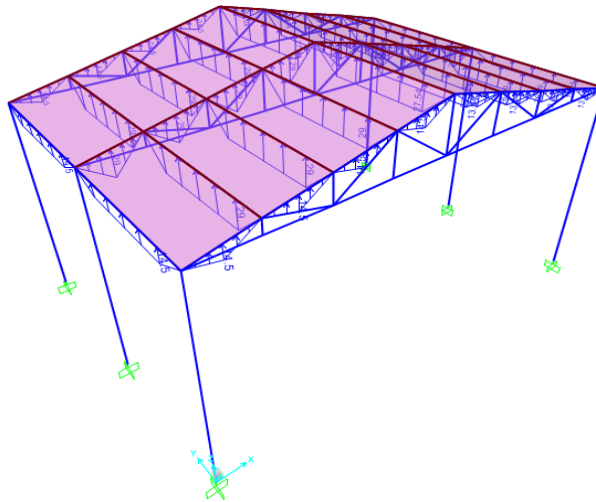
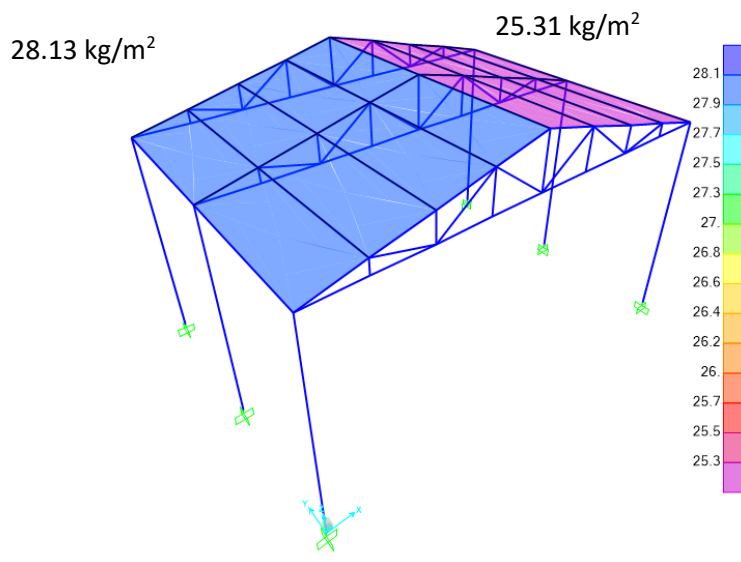
CASO 1:





Carga distribuida en correas por presiones de barlovento y sotavento de la carga de viento.

CASO 2:



Carga distribuida en correas por presiones de barlovento y sotavento de la carga de viento.

## 5. COMBINACIONES DE CARGAS.

Según la Norma Técnica Peruana E - 090 se tienen las combinaciones:

1.4D  
 1.2D+0.5Lr  
 1.2D+1.6Lr+0.8W1  
 1.2D+1.6Lr-0.8W1  
 1.2D+1.6Lr+0.8W2  
 1.2D+1.6Lr-0.8W2  
 1.2D+1.3W1+0.5Lr  
 1.2D-1.3W1+0.5Lr  
 1.2D+1.3W2+0.5Lr  
 1.2D-1.3W2+0.5Lr  
 0.9D+1.3W1  
 0.9D-1.3W1  
 0.9D+1.3W2  
 0.9D-1.3W2

## 6. MODELO ESTRUCTURAL.

Para el análisis estructural, se empleará el programa SAP2000 Versión 22. Luego de ingresar la información necesaria (material, secciones, cargas, etc.) tenemos el modelo que se entrega adjunto al presente informe y cuyos resultados serán empleados en las diferentes etapas del diseño para los distintos elementos estructurales.

Se extrae la máxima sollicitación de la combinación envolvente para los distintos elementos estructurales. Se verifica que las secciones sean no esbeltas y compactas.

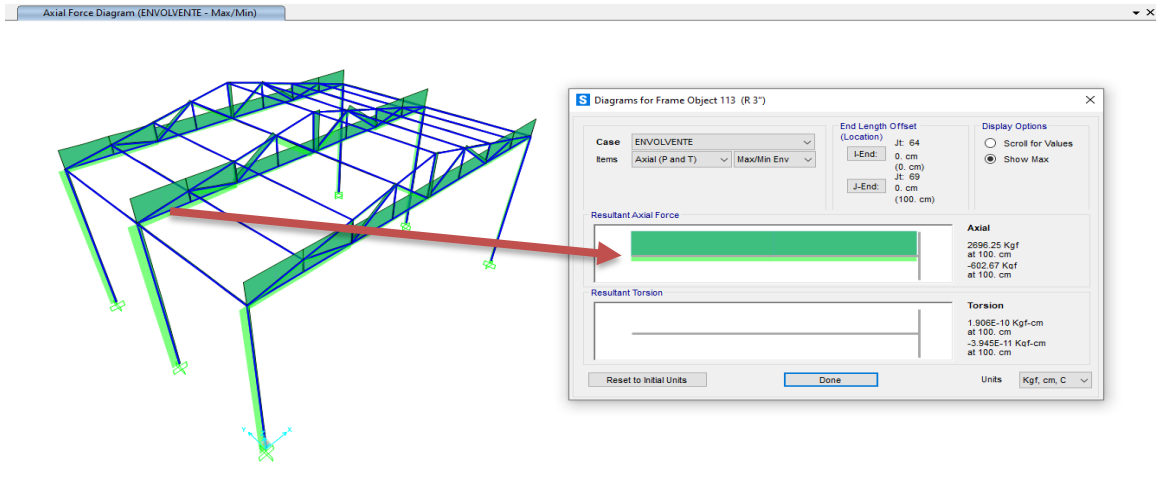
Para los tijerales y viguetas se usará Acero A500 con  $F_y = 3234.1203 \text{ kgf/cm}^2$  y módulo de elasticidad  $E=2038901.9 \text{ kgf/cm}^2$ .

Para las columnas se usará Acero A36.



7. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS METÁLICOS.

7.1 BRIDA INFERIOR:



**BRIDA INFERIOR**

PERFIL	75x75-1.5	A500
b	75 mm	
t	1.5 mm	
b/t	50.00	

E=	2038901.9	kgf/cm <sup>2</sup>
Fy=	3234.1203	kgf/cm <sup>2</sup>
$\lambda_r(c)$ =	35.15	ESBELTO

L	1 m	
r	0.03001 m	
L/r<300	33.32	

$\lambda_p$ =	28.12	NO COMPACTA
$\lambda_r(t)$ =	35.15	ESBELTO

**DISEÑO POR TRACCIÓN**

Ag	4.41 cm <sup>2</sup>	
$\lambda_t$	0.9	
$\lambda_t P_n \leq F_y A_g$	12836.22 Kgf	

Pu(t)	2696.25 Kgf	
-------	-------------	--

**DISEÑO POR COMPRESIÓN**

K =	1.00	
KL/r<200	33.32	
4.71 $\lambda (E/F_y)$	118.26	
Fe	18122.92	kgf/cm <sup>2</sup>
KL/r ≤ 4.71 $\lambda (E/F_y)$ $\lambda F_{cr}$	3001.36	kgf/cm <sup>2</sup>

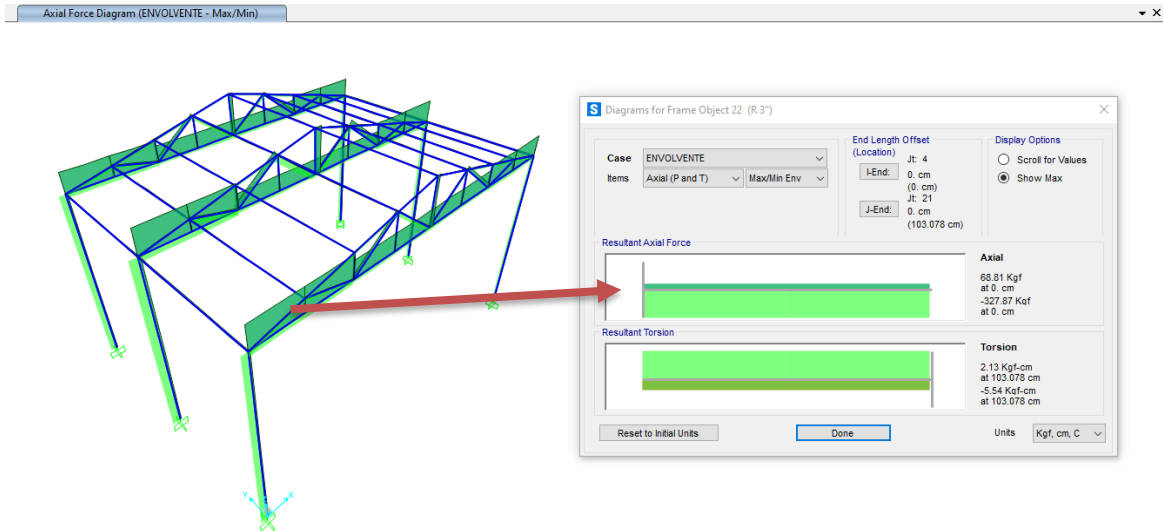
$\lambda_c$	0.90	
$\lambda_c P_n = \lambda_c F_{cr} A_g$	11912.39 Kgf	

Pu(c)	602.67 Kgf	
-------	------------	--



*Orlando Chuyes Gutierrez*  
**ORLANDO CHUYES GUTIERREZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Registro CIP. N° 49221

7.2 BRIDA SUPERIOR:



**BRIDA SUPERIOR**

PERFIL	75x75-1.5	A500
b	75	mm
t	1.5	mm
b/t	50.00	

E=	2038901.9	kgf/cm <sup>2</sup>
Fy=	3234.1203	kgf/cm <sup>2</sup>
$r(c)=$	35.15	ESBELTO

L	1.03	m
r	0.03001	m
L/r<300	34.35	

$r_p=$	28.12	NO COMPACTA
$r(t)=$	35.15	ESBELTO

**DISEÑO POR TRACCIÓN**

Ag	4.41	cm <sup>2</sup>
$r_t$	0.9	
$r_t P_n = r_t F_y A_g$	12836.22	Kgf

Pu(t)	68.81	Kgf
-------	-------	-----

**DISEÑO POR COMPRESIÓN**

K =	1.00	
KL/r<200	34.35	
$4.71 r (E/F_y)$	118.26	
Fe	17056.74	kgf/cm <sup>2</sup>
$KL/r \leq 4.71 r (E/F_y) r F_{cr}$	2987.38	kgf/cm <sup>2</sup>

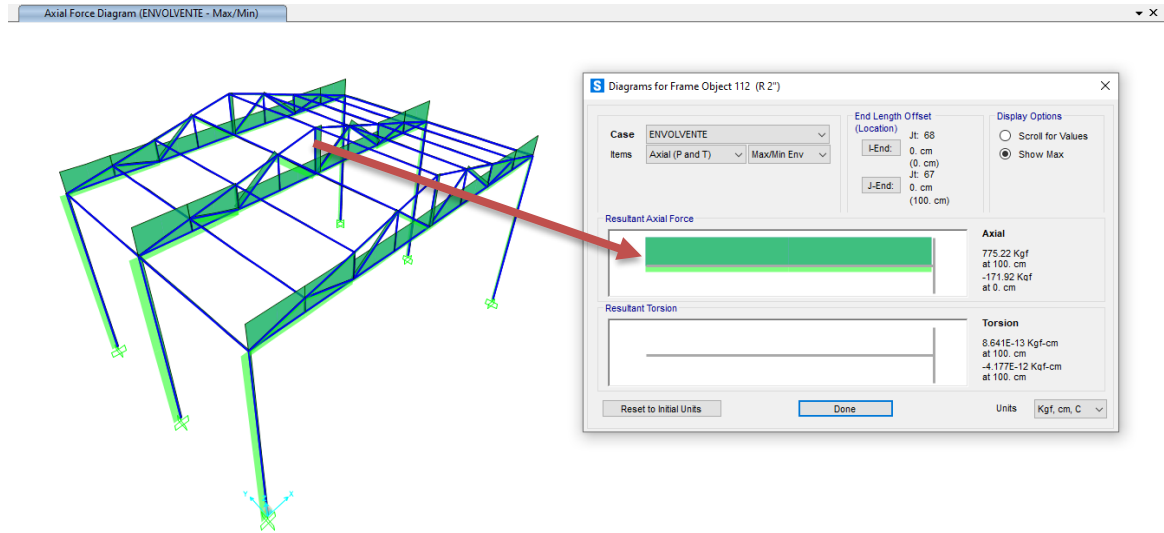
$r_c$	0.90	
$r_c P_n = r_c F_{cr} A_g$	11856.90	Kgf

Pu(c)	327.87	Kgf
-------	--------	-----



*Orlando Chuyes Gutiérrez*  
**ORLANDO CHUYES GUTIÉRREZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Registro CIP. N° 49221

7.3 MONTANTES



**MONTANTE**

PERFIL	50x50-1.5	A500
b	50	mm
t	1.5	mm
b/t	33.33	

E=	2038901.9	kgf/cm <sup>2</sup>
Fy=	3234.1203	kgf/cm <sup>2</sup>
$\lambda_r(c)=$	35.15	NO ESBELTO

L	1.00	m
r	0.01981	m
L/r<300	50.48	

$\lambda_p=$	28.12	NO COMPACTA
$\lambda_r(t)=$	35.15	NO ESBELTO

**DISEÑO POR TRACCIÓN**

Ag	2.91	cm <sup>2</sup>
$\phi_t$	0.9	
$\phi_t \phi_n \phi_f F_y A_g$	8470.16	Kgf

Pu(t)	775.22	Kgf
-------	--------	-----

**DISEÑO POR COMPRESIÓN**

K =	1.00	
KL/r<200	50.48	
4.71 $\phi(E/F_y)$	118.26	
Fe	7897.05	kgf/cm <sup>2</sup>
KL/r<=4.71 $\phi(E/F_y) \phi F_{cr}$	2724.67	kgf/cm <sup>2</sup>

$\phi_c$	0.90	
$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g$	7135.90	Kgf

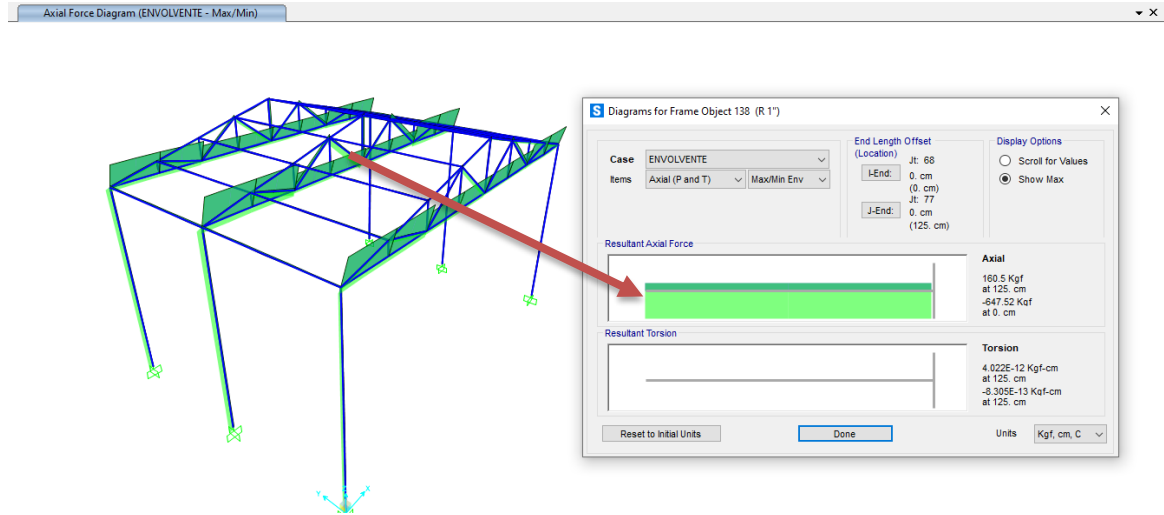
Pu(c)	171.92	Kgf
-------	--------	-----



  
**ORLANDO CHUYES GUTIERREZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Registro CIP. N° 49221



7.4 DIAGONALES



**DIAGONAL**

<b>PERFIL</b>	<b>25x25-1.5</b>	<b>A500</b>
b	25	mm
t	1.5	mm
b/t	16.67	

E=	2038901.9	kgf/cm <sup>2</sup>
Fy=	3234.1203	kgf/cm <sup>2</sup>
$\lambda r(c)=$	35.15	NO ESBELTO

L	1.25	m
r	0.00961	m
L/r<300	130.07	

$\lambda p=$	28.12	COMPACT A
$\lambda r(t)=$	35.15	NO ESBELTO

**DISEÑO POR TRACCIÓN**

Ag	1.41	cm <sup>2</sup>
$\lambda t$	0.9	
$\lambda t P_n \leq \lambda F_y A_g$	4104.10	Kgf

Pu(t)	160.5	Kgf
-------	-------	-----

**DISEÑO POR COMPRESIÓN**

K =	1.00	
KL/r<200	130.07	
4.71 $\lambda (E/F_y)$	118.26	
Fe	1189.39	kgf/cm <sup>2</sup>
KL/r ≤ 4.71 $\lambda (E/F_y) \leq F_{cr}$	1036.30	kgf/cm <sup>2</sup>

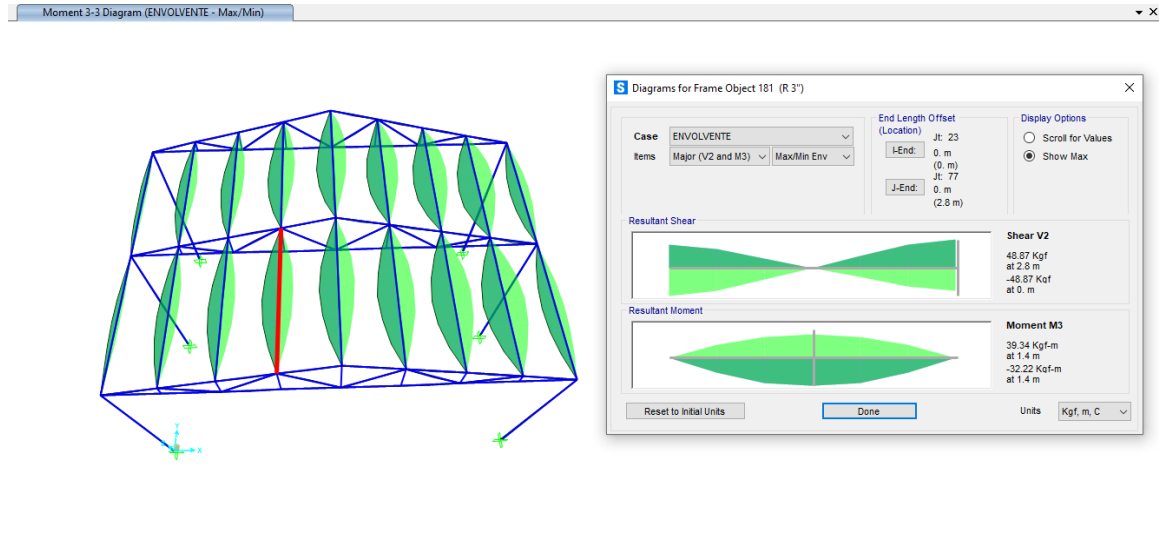


$\lambda c$	0.90	
$\lambda c P_n = \lambda c F_{cr} A_g$	1315.06	Kgf

Pu(c)	647.52	Kgf
-------	--------	-----

  
**ORLANDO CHUYES GUTIERREZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Registro CIP. N° 49221

7.6 VIGUETA



Diseño por flexión de correas o viguetas de la cobertura metálica en el programa SAP2000 v22:



AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
 Units : Kgf, m, C

Frame : 181 X Mid: 3. Combo: ENVOLVENTE Design Type: Beam  
 Length: 2.8 Y Mid: 1.4 Shape: R 3" Frame Type: SMF  
 Loc : 1.4 Z Mid: 5. Class: Slender Princpl Rot: 0. degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis  
 D/C Limit=0.95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed  
 AlphaPr/Py=0. AlphaPr/Pe=0.001 Tau\_b=1. EA factor=0.8 EI factor=0.8

PhiB=0.9 PhiC=0.9 PhiTY=0.9 PhiTF=0.75  
 PhiS=0.9 PhiS-RI=1. PhiST=0.9

A=4.410E-04 I33=0. r33=0.03 S33=1.059E-05 Av3=2.250E-04  
 J=0. I22=0. r22=0.03 S22=1.059E-05 Av2=2.250E-04  
 E=2.039E+10 Fy=32341202.8 Ry=1.1 z33=1.216E-05  
 RLLF=1. Fu=40778038.3 z22=1.216E-05

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo ENVOLVENTE)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1.4	-5.913	39.342	0.	0.	0.	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)  
 D/C Ratio: 0.15 = 0. + 0.149 + 0.  
 = (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)



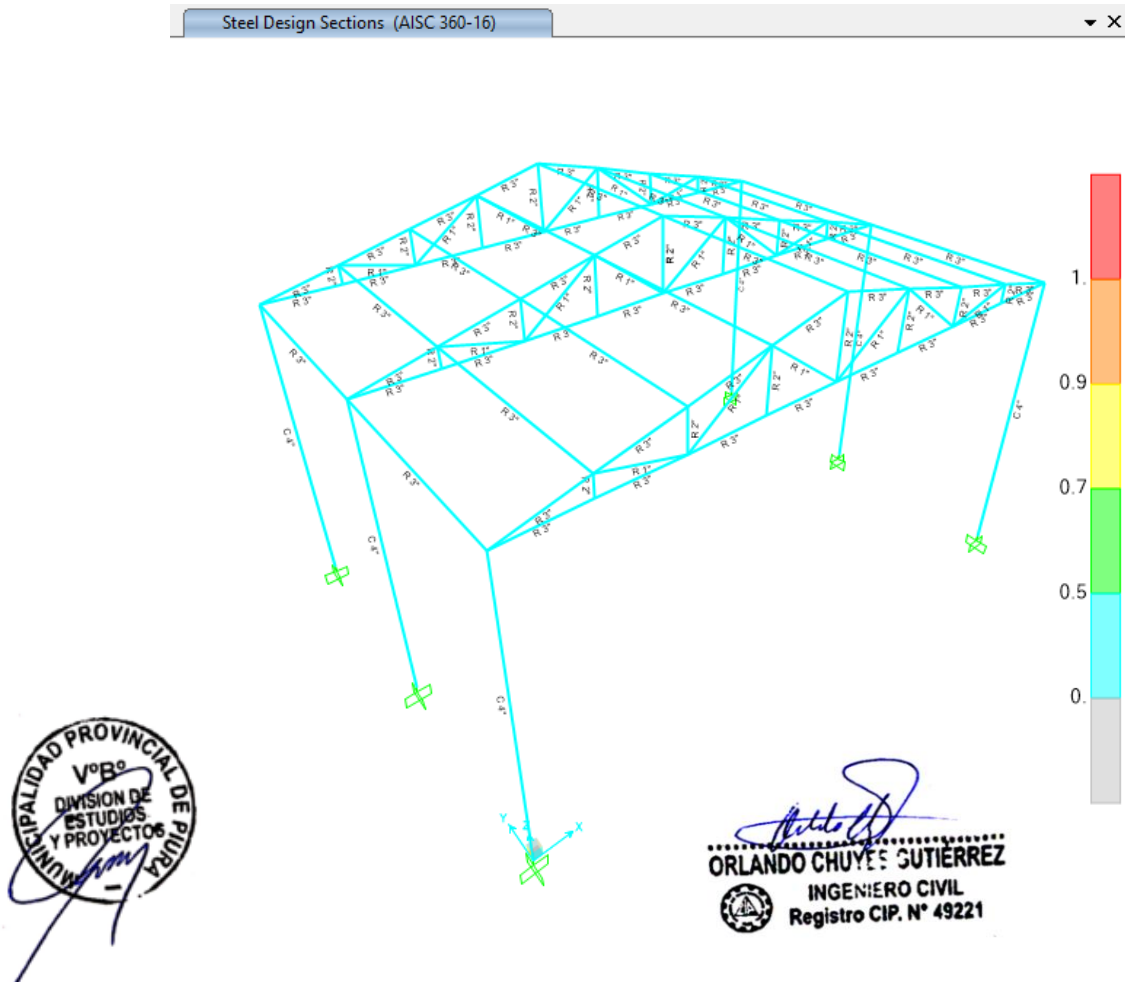
*Orlando Chuyes Gutierrez*  
**ORLANDO CHUYES GUTIERREZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Registro CIP. N° 49221

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)							
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm	
Major Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.	
Minor Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.	
LTB		L <sub>1b</sub>	K <sub>1b</sub>	C <sub>b</sub>			
		1.	1.	1.161			
Axial		Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
		-5.913	7147.631	12836.223			
Major Moment		Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1		
		39.342	263.565	263.565	353.848		
Minor Moment			263.565				
Torsion		Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity			
		0.	314.234	282.811			
SHEAR CHECK							
				Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0.	3772.278		0.	OK		
Minor Shear	0.	3772.278		0.	OK		
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS							
Major (V2)		V <sub>Major Left</sub>	V <sub>Major Right</sub>				
		48.874	48.874				

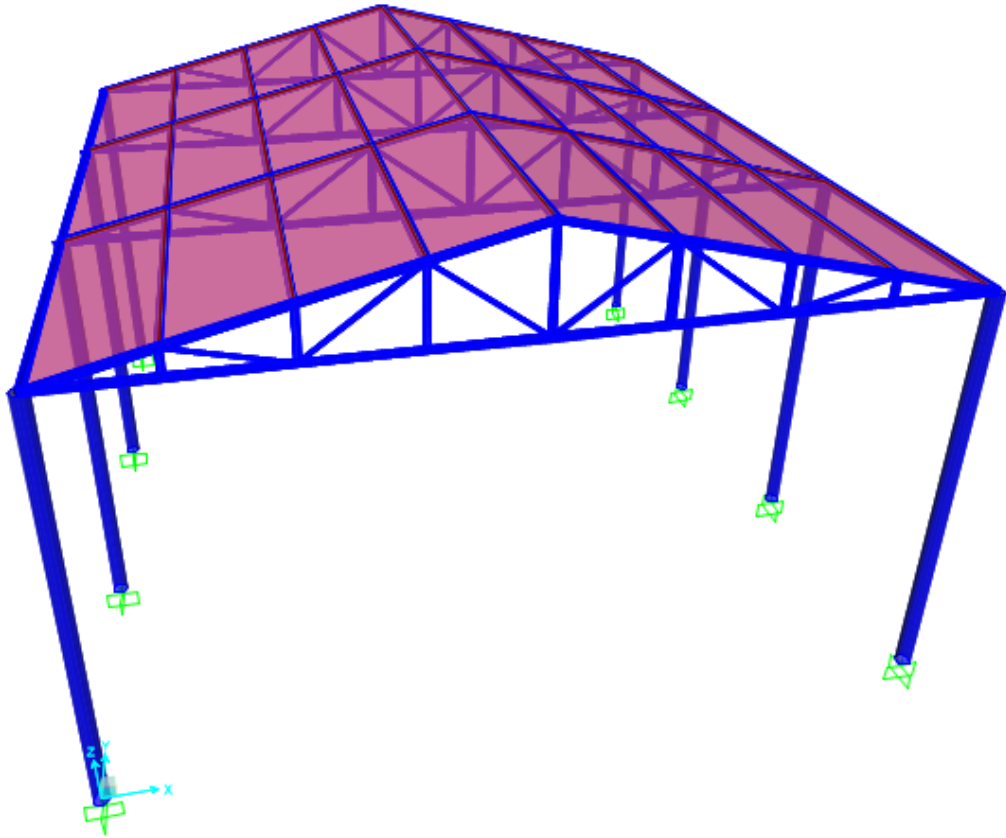
### 8. VERIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA COMPLETA

Asignando las reales dimensiones y cargas al modelo estructural, hacemos que el programa verifique algún error, sobre esfuerzo, pandeo o falla en general en el diseño planteado y vemos que prácticamente todos pasan las exigencias del AISC y de la NTP E - 090.

Por lo que se ve, el diseño es completamente satisfactorio (cargas, esfuerzos, deflexiones, esbeltez chequeo de todas las formas de pandeo, etc.) pues el programa no genera ningún mensaje de error.

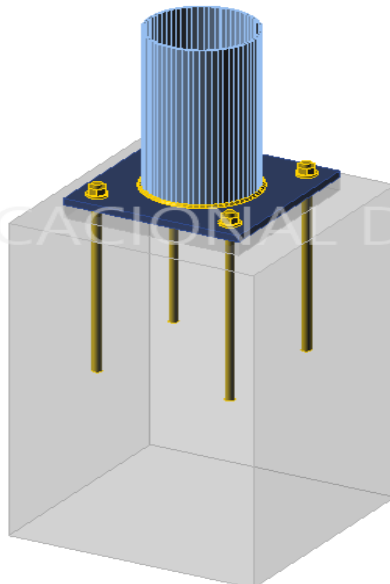


Aplica el mismo diseño para la estructura metálica de 4 pórticos indicados en los planos arquitectónicos.



#### DISEÑO DE PEDESTAL DE COLUMNAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Se exportaron las cargas desde SAP2000 de los nudos de los apoyos al software IDEA STATIC CONNECTION para realizar el análisis y diseño por el método de elementos finitos. Obteniendo un diseño aceptable de pernos de anclaje, placa base y conexión soldada utilizando como código de diseño AISC 360 – Método de análisis LRFD.



### Bloque de la cimentación

Ítem	Valor	Unidad
CB 1		
Dimensiones	350 x 350	mm
Profundidad	600	mm
Anclaje	1/2 A325	
Longitud del anclaje	300	mm
Transferencia de la fuerza cortante	Fricción	
Junta de mortero	25	mm

### Verificación

#### Resumen

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	Aceptar
Placas	0.0 < 5%	Aceptar
Anclajes	81.3 < 100%	Aceptar
Soldaduras	40.9 < 100%	Aceptar
Bloque de hormigón	6.1 < 100%	Aceptar
Cortante	0.1 < 100%	Aceptar
Pandeo	No calculado	

#### Placas

Nombre	$F_y$ [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pl}$ [%]	Estado de la verificación
M1	248.2	3.0	LE1	112.4	0.0	Aceptar
BP1	248.2	12.5	LE1	125.4	0.0	Aceptar

#### Datos de diseño

Material	$f_y$ [MPa]	$\epsilon_{lim}$ [%]
A36	248.2	5.0

#### Explicación del símbolo

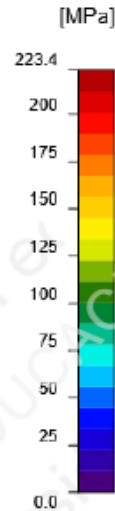
$\epsilon_{pl}$	Plastic strain
$\sigma_{Ed}$	Ec. tensión
$f_y$	Límite elástico
$\epsilon_{lim}$	Límite de la deformación plástica

#### Verificación general, LE1



#### Verificación de deformación, LE1

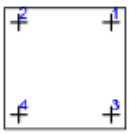




  
**ORLANDO CHUYÉS GUTIÉRREZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Registro CIP. N° 49221

Tensión equivalente, LE1

### Anclajes

Forma	Ítem	Cargas	$N_T$ [kN]	$\phi N_{cbg}$ [kN]	$\phi V_{cp}$ [kN]	$U_t$ [%]	$U_s$ [%]	$U_{ts}$ [%]	Estado
	A1	LE1	7.0	24.2	48.2	81.3	0.0	70.8	Aceptar
	A2	LE1	11.3	24.2	48.2	81.3	0.0	70.8	Aceptar
	A3	LE1	0.0	-	48.2	0.0	0.0	0.0	Aceptar
	A4	LE1	1.3	24.2	48.2	81.3	0.0	70.8	Aceptar

### Datos de diseño

Calidad	$\phi N_{sa}$ [kN]
1/2 A325 - 1	52.9

### Explicación del símbolo

- $N_T$  Fuerza de tracción  
 $\phi N_{cbg}$  Resistencia al arrancamiento del cono de hormigón a tracción de acuerdo con - ACI 318-14 - 17.4.2  
 $\phi V_{cp}$  Resistencia al desprendimiento del hormigón por cabeceo del anclaje a cortante de acuerdo con - ACI 318-14 - 17.5.3  
 $U_t$  Utilización a tracción  
 $U_s$  Utilización a cortante  
 $U_{ts}$  Utilización a tensión y cortante  
 $\phi N_{sa}$  Resistencia del anclaje en tracción - ACI 318-14 - 17.4.1

### Soldaduras

Ítem	Borde	$X_u$	$T_n$ [mm]	$L_a$ [mm]	$L$ [mm]	$L_c$ [mm]	$F_n$ [kN]	$\phi R_n$ [kN]	$U_t$ [%]	Estado
BP1	M1	E70xx	▲3.2	▲4.5	462	7	2.1	5.1	40.9	Aceptar

## Explicación del símbolo

$T_h$	Espesor de garganta de soldadura
$L_s$	Tamaño de la soldadura
$L$	Longitud de la soldadura
$L_c$	Longitud del elemento crítico de la soldadura
$F_n$	Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
$\phi R_n$	Resistencia de la soldadura, AISC 360-10 J2.4
$U_t$	Utilización

## Bloque de hormigón

Ítem	Cargas	$A_1$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_2$ [mm <sup>2</sup> ]	$\sigma$ [MPa]	$U_t$ [%]	Estado
CB 1	LE1	22998	77075	1.3	6.1	Aceptar

## Explicación del símbolo

$A_1$	Área cargada
$A_2$	Área de soporte
$\sigma$	Tensión media en el hormigón
$U_t$	Utilización

## Cortante en el plano de contacto

Ítem	Cargas	$V$ [kN]	$\phi V_r$ [kN]	$\mu$ [-]	$U_t$ [%]	Estado
BP1	LE1	0.0	7.6	0.40	0.1	Aceptar

## Explicación del símbolo

$V$	Esfuerzo cortante
$\phi V_r$	Resistencia a cortante
$\mu$	Coefficiente de fricción entre la placa de anclaje y el bloque de hormigón
$U_t$	Utilización



*Orlando Chuyé Sutiérrez*  
 ORLANDO CHUYÉ SUTIERREZ  
 INGENIERO CIVIL  
 Registro CIP. N° 49221