

# ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE SOPORTE TIPO MÉNSULA “SISTEMA T” A BASE DE PERFILES DE ACERO



ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE  
REDES ANTICAIAS S.A. DE C.V./ PROHIBIDA SU  
REPRODUCCIÓN COPIA Y O DISTRIBUCIÓN.  
Derechos reservados.

EN ATENCIÓN A: LUIS ÁNGEL CORAL LÓPEZ



JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ

**INGENIERO CIVIL**

**CALCULÓ**

# **ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ**

INGENIERO CIVIL      CED. PROF. 12072005  
TEL. 9371199702 CORREO: JOSE\_CARMEN10@HOTMAIL.COM

---

## **Tabla de Contenidos**

### **Contenido**

<b>1. PROPÓSITO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. GENERAL/ALCANCE.....</b>	<b>2</b>
<b>3. RESPONSABILIDADES.....</b>	<b>2</b>
<b>4. DETERMINACIÓN DE CARGAS DE SERVICIO .....</b>	<b>2</b>
<b>5. REVISIÓN Y DISEÑO ESTRUCUTAL DE LOS ELEMENTOS DE ACERO .....</b>	<b>4</b>
<b>6 . REFUERZO ESTRUCTURAL DE LA MÉNSULA DE PTR, ACERO A-36. CON EL SOFTWARE DE ANALISIS ESTRUCTURAL DLUBAL RFEM 6.02 .....</b>	<b>6</b>
<b>6. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>10</b>

# **ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ**

INGENIERO CIVIL CED. PROF. 12072005

TEL. 9371199702 CORREO: JOSE\_CARMEN10@HOTMAIL.COM

## **1. PROPÓSITO.**

EL PROPÓSITO DEL PRESENTE TRABAJO ES LA REVISIÓN Y REFUERZO ESTRUCTURAL DE LA MÉNSULA “**SISTEMA T**” FORMADA CON PERFILES PTR DE ACERO A-36, RESPETANDO ESPECIFICACIONES Y NORMAS AISC.

## **2. GENERAL/ALCANCE.**

EL ALCANCE DE ESTE DOCUMENTO ES GARANTIZAR LA FUNCIONALIDAD ESTRUCTURAL DE LA MÉNSULA “**SISTEMA T**”, ESTE ELEMENTO ES EL BRAZO DE SOPORTE DE LA MALLA ANTICAÍDAS Y JUNTOS FORMAN LA PROTECCIÓN ANTE POSIBLES ACCIDENTES DEL PERSONAL DE TRABAJO Y MATERIALES. SE RECOMIENDA SU INSTALACIÓN COMO MÁXIMO EN ALTURA NO MAYOR A 6.00 METROS DESDE EL PUNTO DE CAÍDA HASTA EL IMPACTO.

## **3. RESPONSABILIDADES.**

LAS QUE RESULTEN SIEMPRE QUE SE CUMPLA CON LAS CALIDADES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA, LA CALIDAD DEL ACERO QUE COMO SE SEÑALA DEBERÁ SER DE ACERO A-36, QUE LAS SOLDADURAS SE HARÁN EMPLEANDO COMO MATERIAL DE APORTACIÓN SOLDADURA E-6010 Y SEGÚN EL CASO E-7018.

## **4. DETERMINACIÓN DE CARGA DE SERVICIO.**

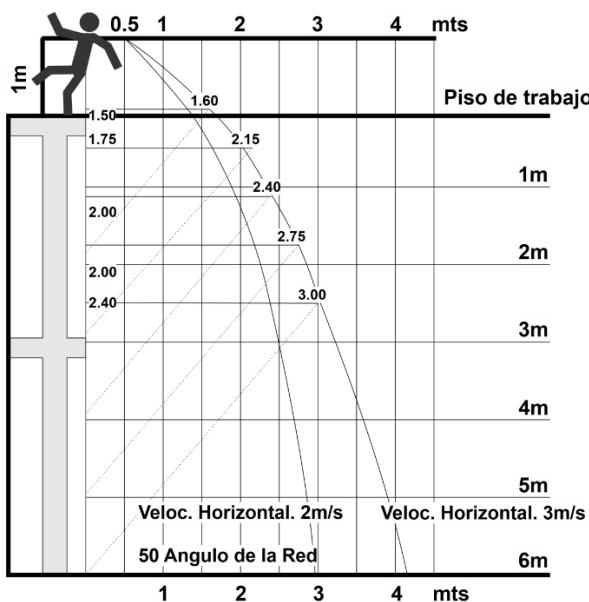


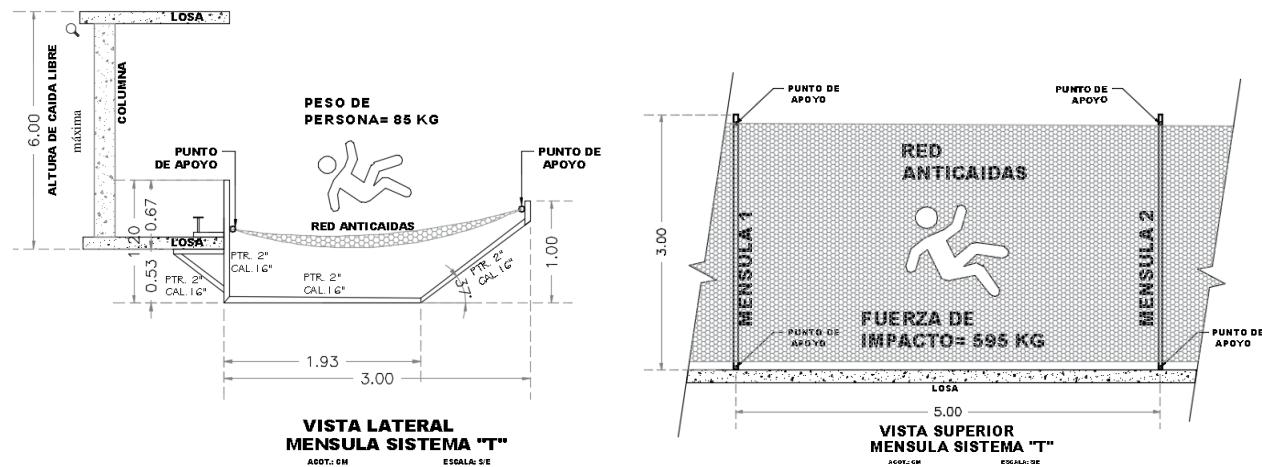
Gráfico de la curva de caída

# ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ

INGENIERO CIVIL CED. PROF. 12072005  
TEL. 9371199702 CORREO: JOSE\_CARMEN10@HOTMAIL.COM

## DESCRIPCION: MÉNSULA A BASE DE PERFILES PTR

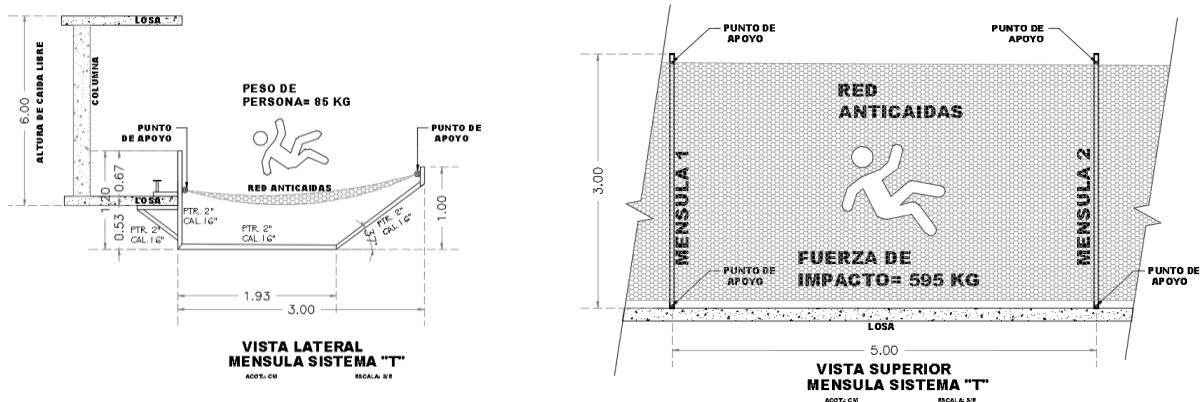
IMAGENES:



## MÉNSULA DE PROTECCIÓN SISTEMA "T"

DESCRIPCION: MÉNSULA A BASE DE PERFILES PTR DE 2"X2"CAL.16

IMAGEN:



USO DE LA MÉNSULA: SOPORTE ANTICAIDAS DE PERSONAL Y MATERIAL

PESO DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

PERFIL DE ACERO PROPUESTO	LONG. m	PESO X UNIDAD KG/ML	PZA #	TOTAL KG
PTR DE 2"X2"X 1/4"	3.50	4.75	1	16.63
MALLA DE PROTECCIÓN	5.00	2.00	1	10.00
CARGA MUERTA=			<b>26.63</b>	

SI UNA PERSONA CAE A LA MALLA DESDE UNA ALTURA DE 6.00M LA FUERZA RESULTANTE ES LA SIGUIENTE:

MASA (kg)	DISTANCIA DE EJE DE GRAVEDAD (d) (m*s <sup>2</sup> )	GRAVEDAD (g) (m*s <sup>2</sup> )	ALTURA DE CAÍDA (m)	V=raiz(2*g*h) m/s	Ec=(m*v <sup>2</sup> )/2 (kg*m/s <sup>2</sup> )	Impacto=Ec/g (kg)
85.00	1.00	9.80	7.00	11.71	5,831.00	595.00

PESO TOTAL CARGA VIVA (KG)	NUMEROS DE MENSULA	PORCENTAJE DE CARGA EN MENSULA 1	PESO EN MENSULA 1 KG	PESO EN MENSULA 2 (KG)	CARGA MUERTA MENSULA 1 (KG)	CARGA MUERTA MENSULA 2 (KG)
595.00	2	65.00%	386.75	208.25	17.31	9.32

# ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ

INGENIERO CIVIL CED. PROF. 12072005  
TEL. 9371199702 CORREO: JOSE\_CARMEN10@HOTMAIL.COM

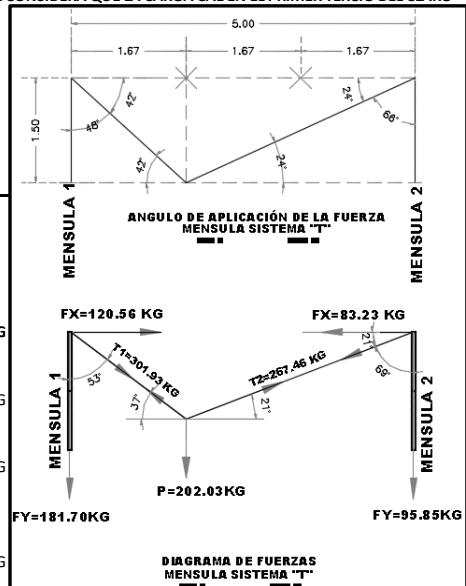
## BAJADA DE CARGAS

CARGA DE DISEÑO EN MENSULA 1 (KG)	CARGA DE DISEÑO EN MENSULA 2 (KG)	PUNTOS DE APOYO EN MENSULAS (AMARRES)	CARGA POR PUNTO DE APOYO EN MENSULA 1 (KG)	CARGA POR PUNTO DE APOYO EN MENSULA 2 (KG)
404.06	217.57	2.00	202.03	108.78

SE CONSIDERA QUE LA CARGA CAE EN EL PRIMER TERCIO DEL CLARO

## ANÁLISIS DE FUERZAS

MENSULA 1	MENSULA 2
$\Sigma F_y = T_1 \cdot \text{SENO } 42^\circ = 202.03$	$\Sigma F_y = T_2 \cdot \text{SENO } 24^\circ = 108.78$
$T_1 = \frac{202.03}{\text{SENO } 42^\circ} = 301.93 \text{ KG}$	$T_2 = \frac{108.78}{\text{SENO } 24^\circ} = 267.46 \text{ KG}$
$F_y = T_1 \cdot \text{SENO } 42^\circ = 181.70 \text{ KG}$	$F_y = T_2 \cdot \text{SENO } 24^\circ = 95.85 \text{ KG}$
$F_x = T_1 \cdot \text{COS } 42^\circ = 241.13 \text{ KG}$	$F_x = T_2 \cdot \text{COS } 24^\circ = 249.69 \text{ KG}$
LA FUERZA EN X (FX) LA REPARTIREMOS COMO SITUACIÓN CRÍTICA EN DOS MENSULAS	LA FUERZA EN X (FX) LA REPARTIREMOS EN TRES MENSULAS
REDUCCIÓN DE FX= 120.56 KG	REDUCCIÓN DE FX= 83.23 KG



## 5. REVISIÓN Y DISEÑO ESTRUCURAL DE LOS ELEMENTOS DE ACERO

### REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DEL MOSQUETON

MOSQUETON DE 5/16. PULGADAS  
RESISTENCIA A TENSIÓN= 230.00 KG

TENSIÓN MAYOR =  $T_1 = 301.93 < 230.00$  RESISTENCIA A TENSIÓN DEL MOSQUETON DE 5/16" NO SE ACEPTE EL MOSQUETON

### SE RECOMIENDA UN MOSQUETON DE 1/2.

TENSIÓN MAYOR =  $T_1 = 301.93 < 540.00$  RESISTENCIA A TENSIÓN DEL MOSQUETON DE 1/2" SE ACEPTE EL MOSQUETON

### Especificaciones

#### Individuales

Código	Clave	Carga de trabajo
44037	BMA-3/16	100 kg
44038	BMA-1/4	120 Kg
44039	BMA-5/16	230 Kg
44040	BMA-3/8	350 Kg
44041	BMA-1/2	540 Kg

### TORNILLO FIJACIÓN

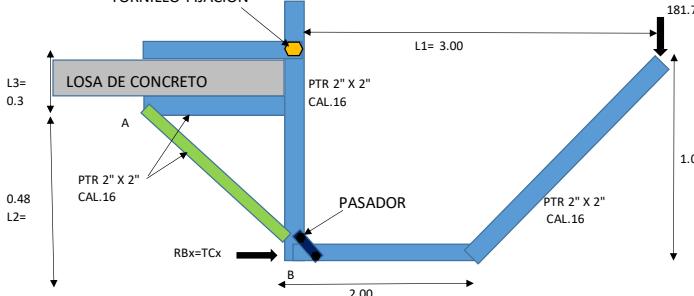


DIAGRAMA DE FUERZAS

### FÓRMULAS DE EQUILIBRIO

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M = 0$$

$$\sum F_x = RBx - TCx = 0$$

$$\sum F_y = RBy + TC * \text{sen}45^\circ - P = 0$$

$$\sum F_y = RBy + TC * \text{sen}45^\circ - P = 0$$

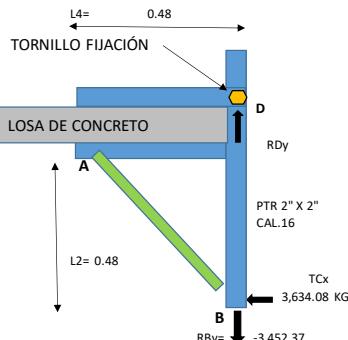
$$\sum F_x = RBx - TC * \cos 45^\circ = 0$$

$$RBx = TC * \cos 45^\circ$$

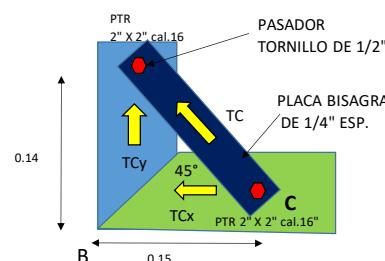
$$RBx = -TC * \text{sen}45^\circ + P$$

$$RBx = 3,634.08 \text{ KG}$$

$$RBy = -3,452.37 \text{ KG}$$



### SIMPLIFICACIÓN DE FUERZAS



# ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ

INGENIERO CIVIL CED. PROF. 12072005  
TEL. 9371199702 CORREO: JOSE\_CARMEN10@HOTMAIL.COM

## DISEÑO DE ELEMENTOS DE ACERO

### REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TORNILLO FIJACIÓN DE ACERO GRADO 5

FUERZA CORTANTE (RDy/2)=	<b>1,817.04</b>	KG
DIAM. DEL TORNILLO=	1/2	PULGADA
AREA DEL TORNILLO=	0.95	CM2
CAPACIDAD A CORTANTE=	2,528.00	KG/CM2
CORTANTE RESISTENTE=	2,400.58	KG
FUERZA CORTANTE	<	CORTANTE RESISTENTE=
1,817.04	<	2,400.58 SE ACEPTE

$$\sum MB = 0 = TC * \text{SEN}45^\circ * 0.15 - P * L1$$

$$TC = \frac{P * L1}{0.15 * \text{SEN}45^\circ} \quad TC = 5,139.36 \text{ KG}$$

EN DOS BISAGRAS =TC/2= **2,569.68** KG

$$\sum MA = -RBx * L2 + RDy * (L4) = 0$$

$$RDy = \frac{RBx * L2}{L4} = 3,634.08 \text{ KG}$$

### REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA BISAGRA DE PLACA DE ACERO A-36

FUERZA CORTANTE (TC/2)=	<b>2,569.68</b>	KG
ESPESOR DE LA PLACA=	1/4	PULGADA
ANCHO=	5.00	CM
AREA BRUTA=	3.18	CM2
AREA EFECTIVA=	2.54	CM2
CAPACIDAD A TENSION=	1,518.00	KG/CM2
CORTANTE RESISTENTE=	3,855.72	KG
FUERZA CORTANTE	<	CORTANTE RESISTENTE
2,569.68	<	3,855.72 SE ACEPTE

### REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TORNILLO PASADOR DE ACERO GRADO 5

FUERZA CORTANTE (TC/2)=	<b>2,569.68</b>	KG
FUERZA CORTANTE POR TORNILLO=	<b>2,569.68</b>	KG
DIAM. DEL TORNILLO=	1/2	PULGADA
AREA DEL TORNILLO=	1.27	CM2
CAPACIDAD A CORTANTE=	2,528.00	KG/CM2
CORTANTE RESISTENTE=	3,200.77	KG
FUERZA CORTANTE	<	CORTANTE RESISTENTE
2,569.68	<	3,200.77 SE ACEPTE

### REVISIÓN ESTRUCTURAL DEL BRAZO DE PTR

DATOS:

LONGITUD=	3.00 M
FUERZA=	181.70 KG
PTR=	2"X2"CAL.16
AREA PTR=	3.00 CM2
MOMENTO DE INERCIA =Ix=	12.13 CM4
MODULO DE SECCIÓN=SX=	4.80 CM3
FLUENCIA DEL ACERO=	2,530.000 KG/CM2

FUERZAS INTERNAS

Momento flector=MB=	545.11 KG*M
Momento flector=MB=	54,511.134 KG*CM

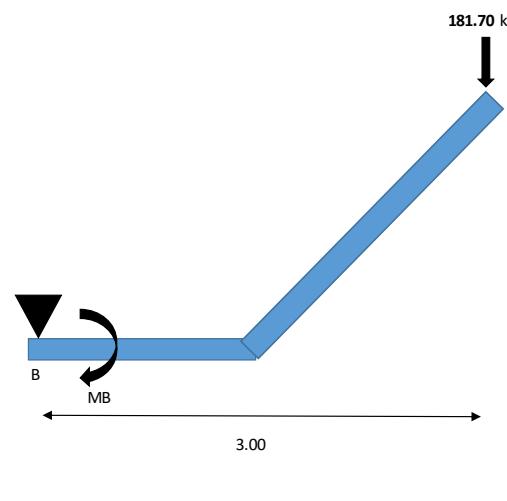
MODULO DE SECCIÓN REQUERIDO

$$SX \text{ req}=MB/F.\text{acero}= 21.55 \text{ CM3}$$

$$SX \text{ req}= 21.55 < 4.80 \quad \text{MODULO DE SECCIÓN DEFABRICA} \quad \text{NO SE ACEPTE}$$

RAZON DE TENSIÓN=(SX req/Sx fabrica)<1=

4.49 SE PASA DE LA UNIDAD **NO SE ACEPTE**



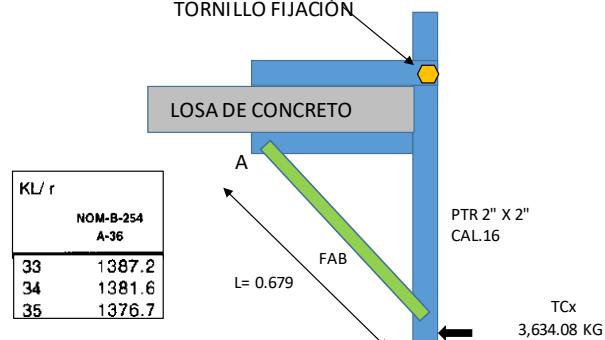
### REVISIÓN ESTRUCTURAL DEL PTR PIE DE AMIGO

$$Eobeltez = \frac{k * L}{r} < 200 \text{ (RECOMENDABLE)}$$

$$\begin{aligned} r &= \text{Radio de giro=} & 2.01 \text{ cm} \\ L &= \text{Longitud de barra=} & 67.88 \text{ cm} \\ K &= \text{coef. de esbeltez=} & 1.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Eobeltez &= 34 \\ Esfuerzo de compresión admisible &= 1,381.60 \text{ kg/cm}^2 \\ Fuerza de trabajo &= 3.00 \text{ cm}^2 \\ \text{Area del PTR } 2'' \times 2'' \times 1/4'' &= \end{aligned}$$

$$\text{Esfuerzo de trabajo} = \frac{FAB}{\text{AREA SECCIÓN}}$$



$$FAB = \frac{TCx}{\cos 45^\circ}$$

$$\text{Esfuerzo de trabajo} = 1,713.12 \text{ kg/cm}^2$$

$$FAB = 5,139.36 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Esfuerzo de trabajo} &= 1,713.12 & \text{Esfuerzo de compresión admisible} &= 1,381.60 \quad \text{NO SE ACEPTE} \\ &> & & \end{aligned}$$

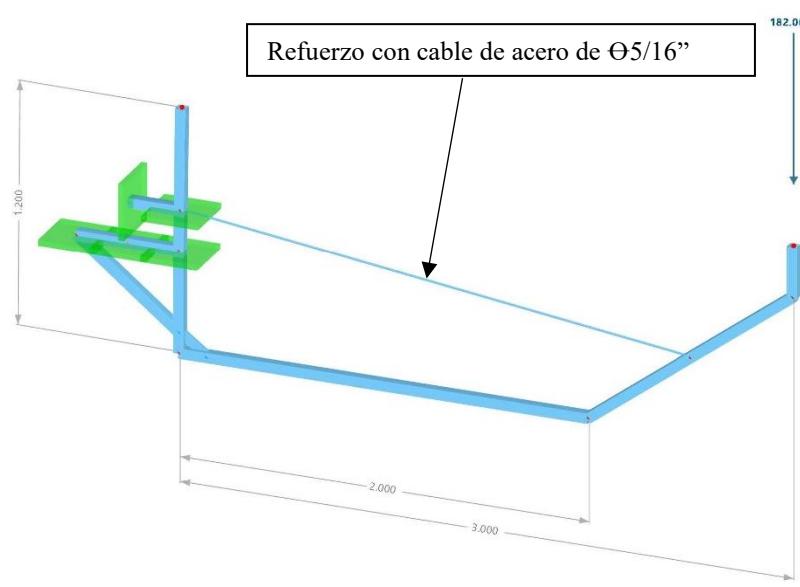
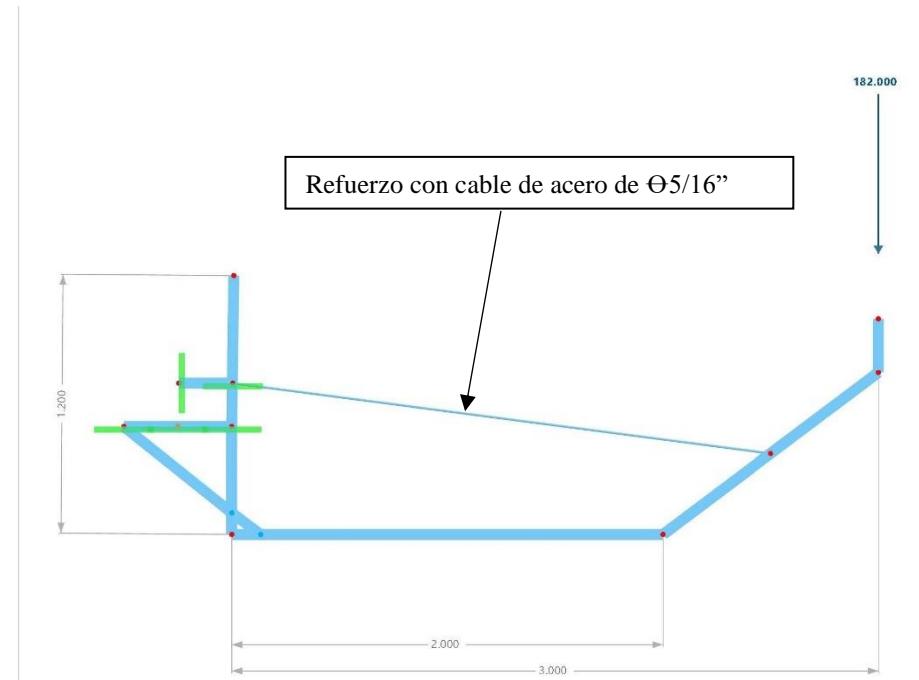
RAZON DE TENSIÓN=(Esfuerzo Req/Esfuerzo de trab.)<1=

1.24

SE PASA DE LA UNIDAD

**NO SE ACEPTE**

**6. REFUERZO ESTRUCTURAL DE LA MÉNSULA DE PTR DE ACERO A-36. CON EL SOFTWARE (DLUBAL RFEM 6.0).**

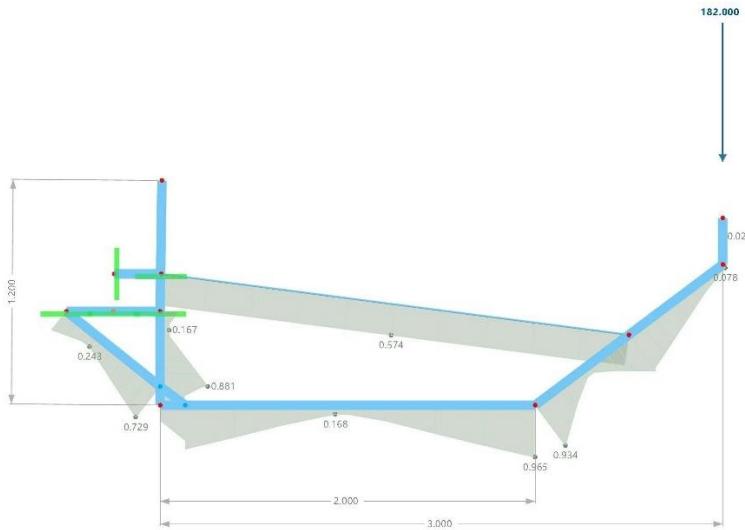


**VISTA ISOMETRICO**

# ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ

INGENIERO CIVIL CED. PROF. 12072005  
TEL. 9371199702 CORREO: JOSE\_CARMEN10@HOTMAIL.COM

## DIAGRAMA DE ÁREA DE ACERO REQUERIDO



Relación máxima de área de acero en la sección= área requerida/área de la sección propuesta) $\leq 1$

Del diagrama se observa que ningún elemento sobrepasa la unidad. La solución del sistema estructural con el cable tensor de acero de Ø 5/16" es suficiente para garantizar el buen funcionamiento del sistema "T" a base de PTR.

### Análisis de la barra de acero Ø 5/16"

**Texto BARRA NÚM. 136 | SP1 | CO1 | 0.000 M | DD1100**

Comprobación de diseño DD1100 | AISC 360 | 2016

Capítulo D  
Resistencia a tracción según D2

$$\begin{aligned} P_{n,Y} &= F_y \cdot A_g \\ &= 2549.290 \text{ Kgf/cm}^2 \cdot 0.49 \text{ cm}^2 \\ &= 1249.580 \text{ Kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_y &= \frac{P_r}{P_{n,Y} \cdot \Phi_t} \\ &= \frac{645.764 \text{ Kgf}}{1249.580 \text{ Kgf} \cdot 0.90} \\ &= 0.574 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= A_n \cdot U \\ &= 0.49 \text{ cm}^2 \cdot 1.00 \\ &= 0.49 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{n,R} &= F_u \cdot A_e \\ &= 4078.870 \text{ Kgf/cm}^2 \cdot 0.49 \text{ cm}^2 \\ &= 1999.330 \text{ Kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_u &= \frac{P_r}{P_{n,R} \cdot \Phi_t} \\ &= \frac{645.764 \text{ Kgf}}{1999.330 \text{ Kgf} \cdot 0.75} \\ &= 0.431 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \max(\eta_y, \eta_u) \\ &= \max(0.574, 0.431) \\ &= 0.574 \end{aligned}$$

$\eta = 0.574 \leq 1$  ✓

$P_{n,Y}$  Resistencia nominal a tracción por fluencia

$F_y$  Límite elástico

$A_g$  Área bruta de la barra

$\eta_y$  Razón de tensiones. Fluencia

$P_r$  Resistencia a tracción necesaria

$\Phi_t$  Coeficiente de resistencia a fluencia por tracción

$A_e$  Área neta eficaz

$A_n$  Área neta

$U$  Coeficiente de arrastre por cortante

$P_{n,R}$  Resistencia a tracción nominal por rotura

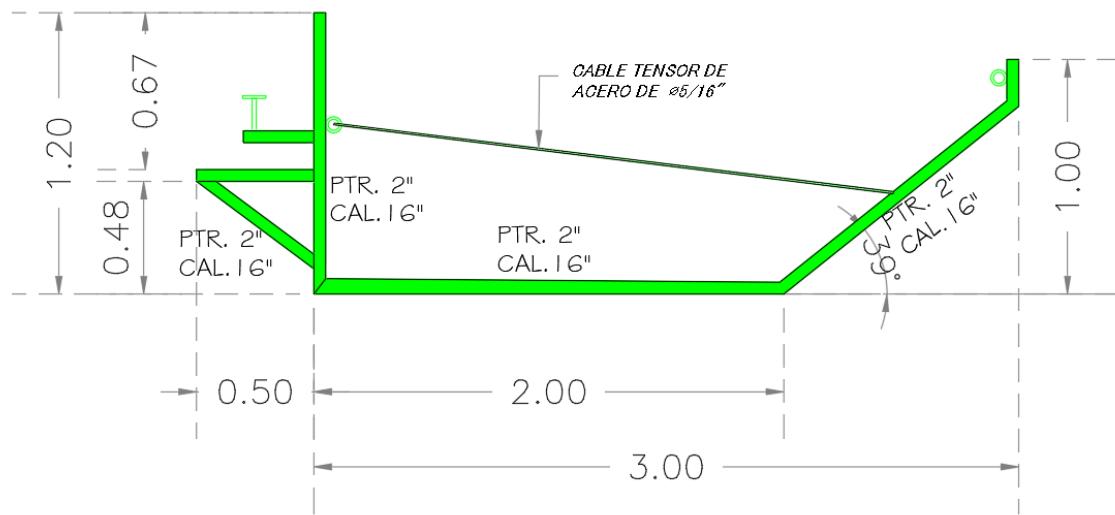
$F_u$  Resistencia a tracción

$\eta_u$  Razón de tensiones. Rotura

$\Phi_t$  Coeficiente de resistencia a la rotura por tracción

# **ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ**

INGENIERO CIVIL CED. PROF. 12072005  
TEL. 9371199702 CORREO: JOSE\_CARMEN10@HOTMAIL.COM



**VISTA LATERAL  
MENSULA SISTEMA "T"**

ACOT.: CM

ESCALA: S/E

PLANO ESTRUCTURAL (PES-01)

# **ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ**

INGENIERO CIVIL CED. PROF. 12072005

TEL. 9371199702 CORREO: JOSE\_CARMEN10@HOTMAIL.COM

---

## **6. CONCLUSIÓN.**

SE ANÁLIZO LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE SOPORTE CONOCIDO COMO "**SISTEMA T**" A BASE DE PERFILES DE ACERO COMO MUESTRA EL PLANO ESTRUCTURAL PES-01.

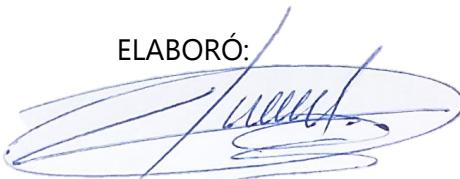
SE APLICÓ UNA FUERZA PUNTUAL DE **181.70 KG** EN EL EXTREMO DEL BRAZO DE LA MÉNSULA, LA MAGNITUD DE LA FUERZA SE OBTUVO DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA FUERZA DE IMPACTO DE LA CAÍDA DE UNA PERSONA DE 85.00 KG DESDE UNA ALTURA DE 6.00 METROS.

SE REVISARON QUE TODOS LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA, PTR, PLACAS DE ACERO, CABLES Y TORNILLOS CUMPLIERAN CON LA CAPACIDAD DE SOPORTAR LOS ESFUERZOS INTERNOS QUE SE GENERAN CON LA FUERZA DE IMPACTO QUE TRANSFIERE LA MALLA DE PROTECCIÓN QUE ENVUELVE TODAS LAS MÉNSULAS CONOCIDAS COMO "**SISTEMA T**".

POR LO ANTERIOR SE AFIRMA QUE EL SOPORTE EN FORMA DE MÉNSULA REVISADA PUEDE DESEMPEÑAR LA FUNCIÓN PARA LA CUAL ESTÁ DESTINADA SIEMPRE Y CUANDO SE RESPETEN LOS PARÁMETROS DE DISEÑO.

LA VIDA ÚTIL PUEDE ALARGARSE SI SE DA MANTENIMIENTO PREVENTIVO OPORTUNO A BASE DE SAND BLAST Y APLICACIÓN DE PRIMARIO ANTICORROSIVO RP-6 Y ACABADO CON A-26.

ELABORÓ:



---

ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ

CED. PROF. 12072005

## **ING. JOSÉ DEL CARMEN GÓMEZ JIMÉNEZ**

INGENIERO CIVIL      CED. PROF. 12072005  
TEL. 9371199702   CORREO: JOSE\_CARMEN10@HOTMAIL.COM

---

### **7. BIBLIOGRAFÍA.**

- MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION, AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC)
- DESIGN IN STRUCTURAL STEEL, JOHN E. LOHERS ED. PRENTICE HALL (1953)
- MANUAL DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCION CON ACERO, AHMSA, (2013)
- MANUAL PARA CONSTRUCTORES, ACERO MONTERREY, (1979)