ENTREGABLE. E3. ESTUDIO ESTRUCTURAL

CONTRATO DE SUMINISTRO Red ADELCO – 001 – CONTRAPARTIDAS -2025, SUSCRITO ENTRE RED ADELCO Y SOLAR ENERGY FDD S.A.S.

OBJETO: Realizar el suministro, adecuación, instalación y puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico con almacenamiento de energía de acuerdo con la proyección de modelo de gestión realizado para la unidad Transformadora Agroforestal de la organización solidaria CHOCO-AMAZONIC para la transición energética, con el fin de contribuir a la reducción de los efectos del cambio climático, preservación de la biodiversidad y restauración de los ecosistemas.

Proyecto "RESILIÊNCIA CLIMÁTICA, CONSERVAÇÃO E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA PORTA DE OURO DA AMAZÓNIA"

Rev.	Fecha	Descripción de Revisión	Elaboró	Revisó	Aprobó
0	18/09/2025	Emitido para Construcción	RONALD RAMIREZ	RONALD RAMIREZ	RONALD RAMIREZ

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento tiene por objetivo la presentación del E3 Estudio estructural para la ejecución del contrato que tiene por objeto Realizar el suministro, adecuación, instalación y puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico con almacenamiento de energía de acuerdo con la proyección de modelo de gestión realizado para la unidad Transformadora Agroforestal de la organización solidaria CHOCO-AMAZONIC para la transición energética, con el fin de contribuir a la reducción de los efectos del cambio climático, preservación de la biodiversidad y restauración de los ecosistemas. Este entregable busca verificar estructuralmente que la cubierta existente en las locaciones de Choco-Amazonic en el municipio de Paujil, Caquetá, tenga la capacidad de soportar la instalación de paneles solares. Y en el caso de requerir algún reforzamiento, este sea plasmado para garantizar la seguridad de la estructura.

Tabla de Contenido

1. OBJETO 4
2. ALCANCE 4
3. DOCUMENTO DE REFERENCIAS 4
3.1. Normas códigos y estándares aplicables 4
4. DATOS DEL SITIO 4
4.1. Ubicación 4
4.2. Condiciones ambientales 4
4.3. Materiales y propiedades mecánicas 5
4.4. Características sísmicas 5
4.5. Características del viento 5
5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL 6
5.1. Avaluó de carga 6
5.1.1. Carga sísmica (Ex, Ey) 6
5.1.2. Cargas de viento (Wx, Wy) 8
5.2. Diseño Estructural 9
6. CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES 13

1. OBJETO

Por medio del presente documento, se busca verificar estructuralmente que la cubierta existente en las locaciones de Choco-Amazonic en el municipio de Paujil, Caquetá, tenga la capacidad de soportar la instalación de paneles solares. Y en el caso de requerir algún reforzamiento, este sea plasmado para garantizar la seguridad de la estructura.

2. ALCANCE

Conforme a lo establecido en el objeto del presente documento, esta memoria de cálculo expone los parámetros y consideraciones que permiten el análisis y evaluación del diseño estructural de la cubierta existente para las nuevas cargas, así como los resultados del proceso con base en los lineamientos establecidos en NSR-10. Esta memoria de cálculo tiene como alcance la evaluación de las cargas actuantes para el análisis y la verificación del diseño estructural de la cubierta existente

Los diseños están alineados a las normas referenciadas en el ítem 3.2.

3. DOCUMENTO DE REFERENCIAS

3.1. Normas códigos y estándares aplicables

CÓDIGO	ORGANISMO
NSR-10	Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente
AIS-180-13	Recomendaciones para Requisitos Sísmicos de Estructuras Diferentes de Edificaciones
AISC 360-10	American Institute of Steel Construction

Tabla 1. Normas, códigos y estándares utilizados en el proyecto

4. DATOS DEL SITIO

4.1. Ubicación

Las estructuras de la cubierta, donde se instalarán los paneles solares, se encuentran ubicadas en el municipio de Paujil, departamento del Caquetá.

4.2. Condiciones ambientales

A continuación, se referencian las condiciones ambientales del sitio en donde se ubica la estructura y los equipos eléctricos:

CARACTERISTICAS	VALOR

Altura sobre el nivel del mar	470.0
Temperatura media (°C)	26.0
Humedad Relativa (%)	90
Velocidad del viento (Km/h)	110*

Tabla 2. Condiciones ambientales del sitio. *Velocidad acorde con NSR/10, para diseño.

4.3. Materiales y propiedades mecánicas

Elementos metálicos:

- Peso específico del acero $\gamma s = 7.85$ tn/m^3
- Módulo de elasticidad del acero $Es = 199947.98$ MPa.
- Relación de Poisson $v = 0.30$
- Perfiles metálicos (ASTM A-36) $Fy = 250$ MPa.

4.4. Características sísmicas

De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (NSR- 10), la estructura se encuentra localizada en una zona de amenaza sísmica **INTERMEDIA** (Montañita, Caquetá). Los parámetros de diseño sísmico son los siguientes:

Coeficiente de aceleración pico efectiva: Aa = 0.15

Coeficiente de velocidad pico efectiva: Av = 0.15

4.5. Características del viento

De acuerdo con las condiciones propias de la estructura y el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistente (NSR-10), los parámetros de diseño para cargas de viento son los siguientes:

Tipo edificación: SPRFV

Clasificación Estructura: Abierto

Región zona de amenaza eólica: 03

Velocidad Básica de viento: V= 35.0 m/s (125.0 km/h)

Categoría de exposición: B

Rugosidad del terreno:	Rugosidad tipo B
Coeficiente de importancia (*Grupo de uso I*):	I= 1.00

5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

La evaluación de cargas de las estructuras se realizó teniendo en cuenta las cargas adicionales permanentes, cargas vivas por uso y ocupación, fuerzas sísmicas que impone el sismo de diseño sobre la estructura y las cargas de viento que actúan lateralmente sobre los elementos. A continuación, se presenta el avalúo de cargas utilizado en el análisis.

5.1. Avaluó de carga

Avaluó de carga (kg/m2)

Teja	**4.32**
Lámparas	**4.00**
Otros	**12.00**
Peso propio	4.55
D	24.87
Lr	50
G	**0.00**

La carga definida en el componente, otros, se encuentra 16. 0 kg/m2 por panel solar y 6. 0 kg/m2 de cielo raso.

La aferencia de las correas es de 95 cm, es la separación de las correas.

5.1.1. Carga sísmica (Ex, Ey)

La carga por sismo se obtuvo considerando los parámetros sísmicos del sitio y los lineamientos establecidos en la NSR-10, Título A. La fuerza sísmica utilizada sobre la estructura se calculó con base en el método de la fuerza horizontal equivalente.

A continuación, se especifican los parámetros sísmicos y estructurales que se utilizaron para obtener las cargas sísmicas Ex y Ey:

PAUJIL, Caquetá.

ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO - NSR/10

T (s)	Sa (g)
0.000	0.563
0.192	0.563
0.309	0.563
0.426	0.563
0.544	0.563
0.661	0.563
0.704	0.563
0.845	0.468
0.987	0.401
1.128	0.351
1.270	0.312
1.411	0.281
1.552	0.255
1.694	0.234
1.835	0.216
1.977	0.200
2.118	0.187
2.259	0.175
2.401	0.165
2.542	0.156
2.684	0.148
2.825	0.140
2.966	0.133
3.108	0.127
3.249	0.122
3.391	0.117
3.532	0.112
3.673	0.108
3.960	0.100
4.160	0.091
4.360	0.082

CONSTANTES SÍSMICAS Tipo de Suelo = D

Aa	Fa	Av	Fv	h_n	I
0.15	1.50	0.15	2.20	3.40	1.00

0.12 0.2475

To (s)	T_C(s)	T_L(s)
0.147	0.704	3.96

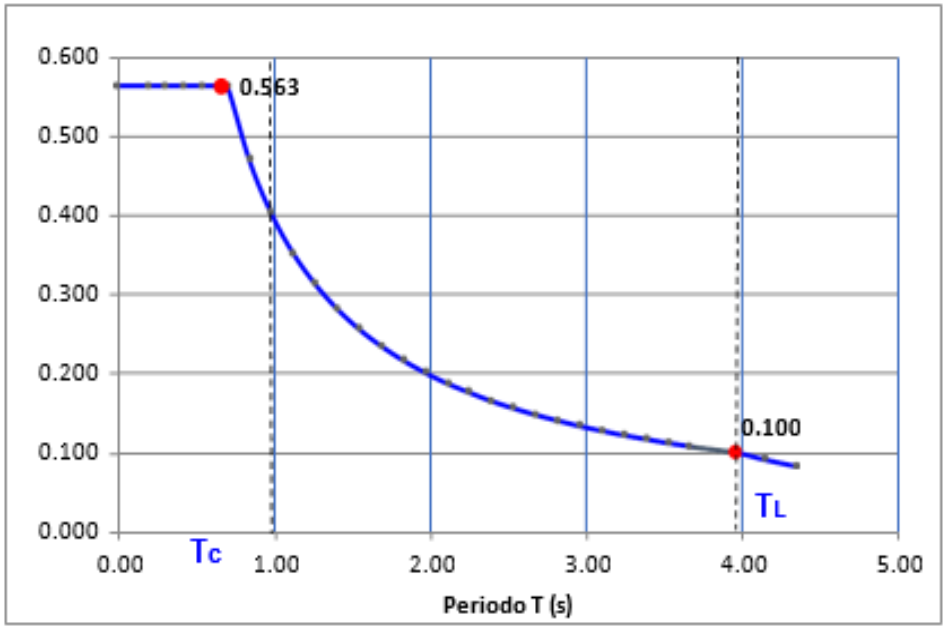
Ta = Ct * h_n^{a}	Sa (g)
0.192	0.563
2.00	
0.281	

R

Sa / R

a = 0.80

Ct = 0.072



5.1.2. Cargas de viento (Wx, Wy)

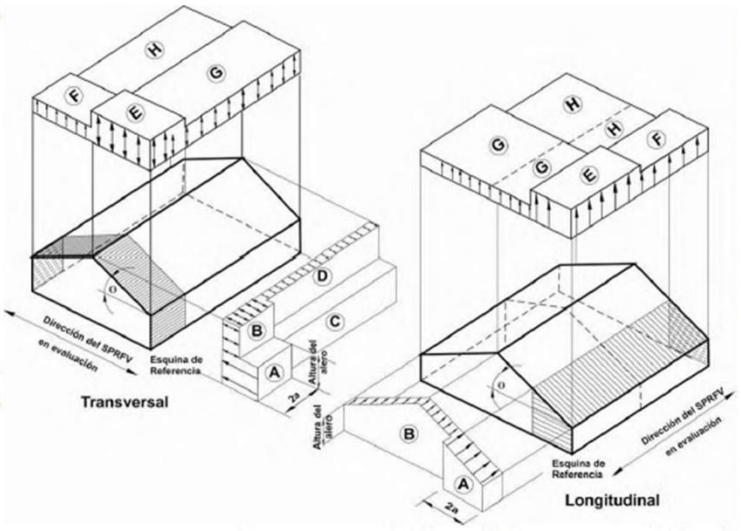
EVALUACIÓN PRESIÓN DE VIENTO DE DISEÑO - NSR/10

Region	3				
Velocidad del Viento=	35 m/s		**126** km/h		
Altura del Edificio (m) =	3.90		Tipo de Exposicion =	**B**	
λ =	1.21				
Kz =	1.0				
Grupo de Uso =	I		I (viento) =	0.87	
a = menor de		**0.75** m	L1=	14.40 m	
10% menor longitud Htal =		0.75	L2=	7.50 m	
0,40 h=		1.56	h=	3.90 m	
no debe ser menor a,					
0,04 menor dimension =	0.30		a =	**1.56** m	
	0.90 m		Longitud 2a =	3.12 m	

De tabla B,6,4-2 **$Ps = \lambda * Kzt * I * PS10 =$**

Presiones Horizontales	Ps10	**Ps**
A =	0.41	0.43 kN/m2
B =	-0.11	-0.12 kN/m2
C =	0.27	0.28 kN/m2
D =	-0.06	-0.06 kN/m2
Presiones Verticales		
E =	-0.35	-0.37 kN/m2
F =	-0.25	-0.26 kN/m2
G =	-0.25	-0.26 kN/m2
H =	-0.19	-0.20 kN/m2

Valor Positivo = Presión Valor Negativo = Succión



PRESION MINIMA DE VIENTO = 0.40 kN/m2

5.2. Diseño Estructural

CHOCO AMAZONIC
Diseño Flexión PTE

Datos de entrada

Fy	250	Mpa
Fu	400	Mpa
E	200000	Mpa
L	3.80	m
ø	0.90	(flexión)
ø	0.90	(cortante)
Angulo	10.0	(de cubierta)

Selección de perfil estructural

Perfil	PTE 100X40X2
S correas (m)	0.95
Peso (kg/m)	4.32
d (mm)	100
b (mm)	40
e (mm)	2
r (mm)	4

Avaluó de cargas (kg/m2)

Teja	4.32
Lámparas	4.00
Otros	12.00
Peso propio	4.55
D	24.87
Lr	50
G	0.00

Combinaciones (kg/m2)

1.4D	34.81
1.2D+0.5Lr	54.84
1.2D+0.5G	29.84
1.2D+1.6Lr	109.84
1.2D+1.6G	29.840842
1.2D	29.84
0.9D	22.38
Máxima	109.84

Combinaciones (kg/m)

1.4D	33.07
1.2D+0.5Lr	52.10
1.2D+0.5G	28.35
1.2D+1.6Lr	104.35
1.2D+1.6G	28.35
1.2D	28.35
0.9D	21.26
máxima	104.35

Solicitaciones

Mu (kg*m)	136.98
Vu (kg)	198.26
Mu (kN*m)	1.34
Vu (kN)	1.94
Mux (kN*m)	1.32
Muy (kN*m)	0.23
Vux (kN)	1.91
Vuy (kN)	0.34

	Cantidad	factor
Usando tensor =	0	1
Mu (kN*m)	1.34	

Caracterización alma

h/t	44
Limite 1	68.45
Limite 2	161.22
Elemento	Compacto

Caracterización aleta

b/t	14.00
Limite 1	31.68
Limite 2	39.60
Elemento	Compacto

Calculo de capacidad a flexión del perfil

Numeral F.2.6.7.1 (Momento plástico)

Zx	0.00001654	m3
Mp	4.14	kN*m
ØMn	3.72	kN*m

Numeral F.2.6.7.2 (Pandeo local aleta)

Sx	0.00001308	m3
Mn	No aplica	kN*m
ØMn	No aplica	kN*m

Numeral F.2.6.7.1 (Pandeo local alma)		
Sx	0.00001308	m3
Mp	No aplica	
ØMn	No aplica	

Resistencia a flexión PTE		
ØMn	3.72	kN*m
Mux	1.32	kN*m
Chequeo	Cumple	
Índice sobreesfuerzo	0.36	

Numeral F.2.6.7.1 (Momento plástico)		
Zy	0.00000869	m3
Mp	2.17	kN*m
ØMn	1.96	kN*m

Resistencia a flexión PTE		
ØMn	1.96	kN*m
Muy	0.23	kN*m
Chequeo	Cumple	
Índice sobreesfuerzo	0.12	

Chequeo flexión biaxial	
Índice sobre esfuerzo	0.47
Chequeo flexión biaxial	Cumple

Numeral F.2.7.5 (Diseño cortante)		
Aw	0.0004	m2
h/t	44	
Limite 1	69.57	
Cv	1	
Vn	60	kN
ØVn	54	kN
Vux	1.91	kN
Chequeo	Cumple	

Numeral F.2.7.7 (Diseño cortante)		
Aw	0.00016	m2
b/t	14.00	
Limite 1	34.08	
Cv	1	
Vn	24	kN
ØVn	21.6	kN
Vuy	0.34	kN
Chequeo	Cumple	

CHOCO AMAZONIC
Diseño Flexión PTE

Datos de entrada

Fy	250	Mpa
Fu	400	Mpa
E	200000	Mpa
L	5.80	m
ø	0.90	(flexión)
ø	0.90	(cortante)
Angulo	10.0	(de cubierta)

Selección de perfil estructural

Perfil	PTE 100X40X2
S correas (m)	0.95
Peso (kg/m)	4.32
d (mm)	100
b (mm)	40
e (mm)	2
r (mm)	4

Avaluó de cargas (kg/m2)

Teja	4.32
Lámparas	4.0
Otros	12
Peso propio	4.55
D	24.87
Lr	50
G	0

Combinaciones (kg/m2)

1.4D	34.81
1.2D+0.5Lr	54.84
1.2D+0.5G	29.84
1.2D+1.6Lr	109.84
1.2D+1.6G	29.840842
1.2D	29.84
0.9D	22.38
máxima	109.84

Combinaciones (kg/m)

1.4D	33.07
1.2D+0.5Lr	52.10
1.2D+0.5G	28.35
1.2D+1.6Lr	104.35
1.2D+1.6G	28.35
1.2D	28.35
0.9D	21.26
máxima	104.35

Solicitaciones

Mu (kg*m)	319.12
Vu (kg)	302.61
Mu (kN*m)	3.13
Vu (kN)	2.97
Mux (kN*m)	3.08
Muy (kN*m)	0.14
Vux (kN)	2.92
Vuy (kN)	0.51

	Cantidad	factor
Usando tensor =	1	0.5
Mu (kN*m)	0.78	

Caracterización alma

b0	44
Limite 1	68.45
Limite 2	161.22
Elemento	Compacto

Caracterización aleta

b0	14.00
Limite 1	31.68
Limite 2	39.60
Elemento	Compacto

Calculo de capacidad a flexión del perfil

Numeral F.2.6.7.1 (Momento plástico)

Zx	0.00001654	m3
Mp	4.14	kN*m
ØMn	3.72	kN*m

Numeral F.2.6.7.2 (Pandeo local aleta)

Sx	0.00001308	m3
Mn	No aplica	kN*m
ØMn	No aplica	kN*m

Numeral F.2.6.7.1 (Pandeo local alma)		
Sx	0.00001308	m3
Mp	No aplica	
ØMn	No aplica	

Resistencia a flexión PTE		
ØMn	3.72	kN*m
Mux	3.08	kN*m
Chequeo	Cumple	
Índice sobreesfuerzo	0.83	

Numeral F.2.6.7.1 (Momento plástico)		
Zy	0.00000869	m3
Mp	2.17	kN*m
ØMn	1.96	kN*m

Resistencia a flexión PTE		
ØMn	1.96	kN*m
Muy	0.14	kN*m
Chequeo	Cumple	
Índice sobreesfuerzo	0.07	

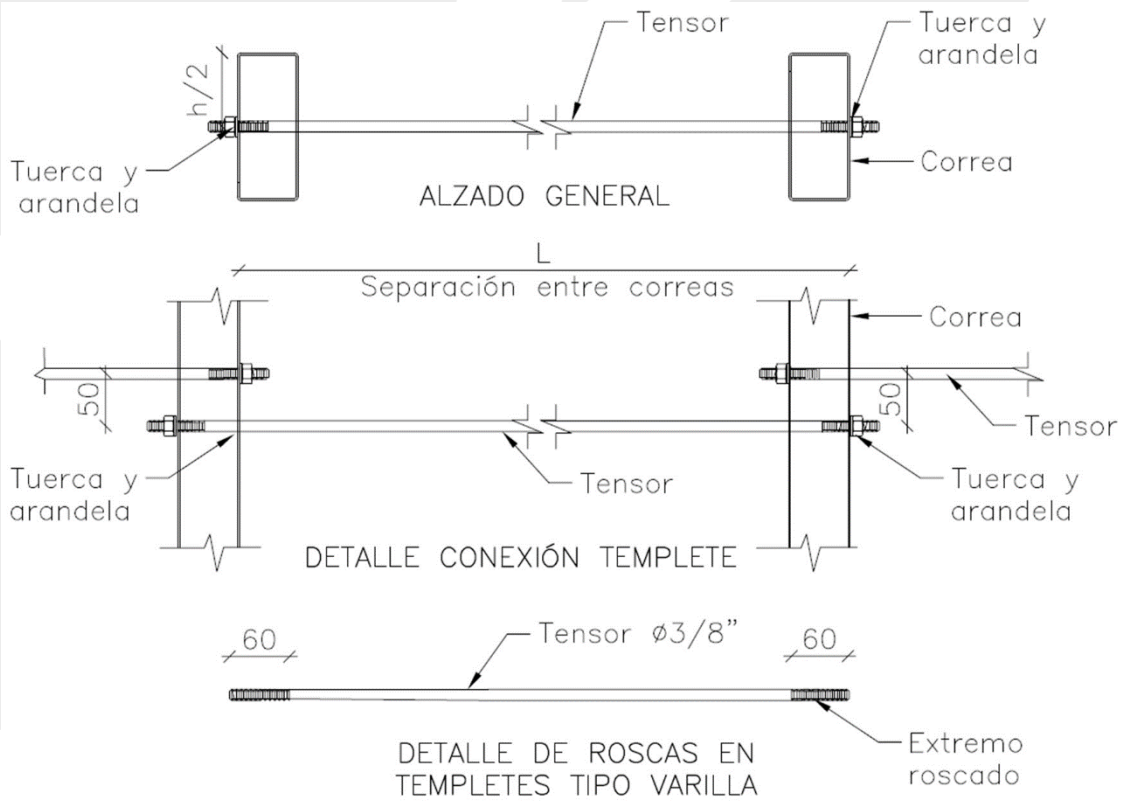
Chequeo flexión biaxial	
Índice sobre esfuerzo	0.90
Chequeo flexión biaxial	Cumple

Numeral F.2.7.5 (Diseño cortante)		
Aw	0.0004	m2
h/t	44	
Limite 1	69.57	
Cv	1	
Vn	60	kN
ØVn	54	kN
Vux	2.92	kN
Chequeo	Cumple	

Numeral F.2.7.7 (Diseño cortante)		
Aw	0.00016	m2
b/t	14.00	
Limite 1	34.08	
Cv	1	
Vn	24	kN
ØVn	21.6	kN
Vuy	0.51	kN
Chequeo	Cumple	

6. CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES

- Realizado el nuevo avaluó de cargas que se le va a aplicar a la estructura actual, se tuvo en cuenta y se sometió la estructura a estas solicitaciones, con lo cual se logra concluir que las correas con longitud de 3.8 m, están en la capacidad de soportar esas nuevas cargas.
- A diferencia de las correas de 5.80m de longitud, que no cumplen con las nuevas solicitaciones en las condiciones actuales, por tal motivo, se hace necesario generar un **arriostramiento en el centro de la luz, DIÁMETRO DE 3/8 DE PULGADA** y de esta forma, aumentar su capacidad de resistencia en el eje más débil. Esta línea de arriostramiento, debe estar asegurada a la estructura de concreto con el fin de garantizar la restricción.



Ronald Camilo Ramírez M.
MP 25202-091116 CND.