

## Contrato N° 056 de 2020

MEMORIA DE CÁLCULO Y ESPECIFICACIONES  
TÉCNICAS.

PROYECTO:

“IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES SOLARES  
FOTOVOLTAICAS PARA USUARIOS EN LA ZONA  
RURAL DEL MUNICIPIO DE ORITO, PUTUMAYO.”

CONTRATANTE: INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN  
DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA  
ZONAS NO INTERCONECTADAS (IPSE)

CONTRATISTA: DICOMO S.A.S

REGION AMAZONIA | 2020



## CONTENIDO

<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>7</b>
<b>2. LOCALIZACIÓN</b>	<b>7</b>
<b>3. LISTADO DE USUARIOS</b>	<b>7</b>
<b>4. CÁLCULO INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA</b>	<b>7</b>
4.1. DATOS DE UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN	8
4.2. CÁLCULO DE CONSUMO DE ENERGÍA	8
4.3. INSOLACIÓN PROMEDIO MENSUAL	11
4.4. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	15
4.4.1. SISTEMA SOLAR FV TIPO 1	15
4.4.1.1. Módulo Fotovoltaico	15
4.4.1.2. Regulador	16
4.4.1.3. Batería	16
4.4.1.4. Inversor	17
4.4.1.5. Resumen de equipos	18
4.4.2. SISTEMA SOLAR FV TIPO 2	19
4.4.2.1. Módulo Fotovoltaico	19
4.4.2.2. Regulador	20
4.4.2.3. Batería	20
4.4.2.4. Inversor	21
4.4.2.5. Resumen de equipos	22
<b>5. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA</b>	<b>23</b>
5.1. SISTEMA SOLAR FV TIPO 1	23
5.2. SISTEMA SOLAR FV TIPO 2	31
<b>6. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES</b>	<b>38</b>
6.1. SISTEMA SOLAR FV TIPO 1	38
6.2. SISTEMA SOLAR FV TIPO 2	40



<b>7. CÁLCULOS DE REGULACIÓN</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
7.1. SISTEMA SOLAR FV TIPO 1	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
7.2. SISTEMA SOLAR FV TIPO 2	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>8. CÁLCULO DE CANALIZACIONES</b>	<b>42</b>
<b>9. ANÁLISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS</b>	<b>47</b>
9.1. RIESGO 1 – AUSENCIA DE ELECTRICIDAD	49
9.2. RIESGO 2 – CONTACTO DIRECTO E INDIRECTO	49
9.3. RIESGO 3 – ARCOS ELÉCTRICOS	50
9.4. RIESGO 4 – SOBRECARGA	52
9.5. RIESGO 5 – TENSIÓN DE PASO Y CONTACTO	53
9.6. RIESGO 6 – CORTOCIRCUITO	54
9.7. RIESGO 7 - ELECTRICIDAD ESTÁTICA	55
9.8. RIESGO 8 – EQUIPO DEFECTUOSO	56
9.9. RIESGO 9 – RAYOS:	57
<b>10. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.</b>	<b>58</b>
<b>11. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	<b>58</b>
<b>12. DIAGRAMA UNIFILAR Y PLANO</b>	<b>58</b>
<b>13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>58</b>
13.1. CONCLUSIONES	58
13.2. RECOMENDACIONES	59
<b>14. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	<b>59</b>
14.1. REPLANTEO DE OBRA	59
14.2. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN INVERSOR ONDA PURA	60
14.2.1. TIPO 1 1250 VA/1000 W, 24VDC/120VAC	60
14.2.2. TIPO 2 1200 VA/1500 W, 24VDC/120VAC	60



<b>14.3. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN CONTROLADOR DE CARGA</b>	<b>64</b>
14.3.1. CONTROLADOR DE CARGA MPPT 40A - 145/24-12 V	64
14.3.2. CONTROLADOR DE CARGA MPPT 50A - 145/24-12 V	64
<b>14.4. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE (1) BATERÍA ESTACIONARIA LiFePO4</b>	<b>67</b>
14.4.1. BATERÍA ESTACIONARIA LiFePO4 DE 120 AH – 25.6 VDC, 3650 CICLOS AL 80% DE DESCARGA	67
14.4.2. BATERÍA ESTACIONARIA LiFePO4 DE 200 AH – 25.6 VDC, 3650 CICLOS AL 80% DE DESCARGA	67
<b>14.5. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN GABINETE Y PROTECCIONES</b>	<b>71</b>
<b>14.6. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS</b>	<b>72</b>
14.6.1. ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA JUEGO DE (2) MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS	72
14.6.2. ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA JUEGO DE (3) MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS	73
<b>14.7. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE JUEGO DE (2) O (3) MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS MONOCRISTALINOS DE 370 WP</b>	<b>76</b>
<b>14.8. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MEDIDOR MONOFÁSICO PREPAGO</b>	<b>80</b>
<b>14.9. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	<b>81</b>
<b>14.10. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CABLE THHN/THWN 3 x N°. 8 AWG, CANALIZADO EN TUBERÍA EMT 1" SOBREPUESTA</b>	<b>81</b>
<b>14.11. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERNAS.</b>	<b>82</b>
<b>14.12. CAPACITACIÓN (GLOBAL)</b>	<b>87</b>



### ÍNDICE DE IMÁGENES

**Figura 1. Cuadro de consumos usuario residencial. ....8**

**Figura 2. Análisis y cuadro de cargas usuario residencial.....9**

**Figura 3. Cuadro de consumos usuario Infraestructura Social .....9**

**Figura 4. Análisis y cuadro de cargas usuario infraestructura social .....9**

**Figura 5. Cuadro de consumos usuario Institucional .....10**

**Figura 6. Análisis y cuadro de cargas usuario institucional .....10**

**Figura 7. Base de datos NASA, Temperatura a 2m e Insolación incidente en una superficie horizontal .....12**

**Figura 8. Cálculo Generación según HSP Tipo 1 y Tipo 2. ....14**

**Figura 9. Cálculo y características del módulo fotovoltaico .....15**

**Figura 10. Características regulador MPPT .....16**

**Figura 11. Cálculo de la capacidad de la batería .....17**

**Figura 12. Cálculo y características del inversor .....18**

**Figura 13. Resumen de equipos .....18**

**Figura 14. Cálculo y características del módulo fotovoltaico .....19**

**Figura 15. Características regulador MPPT .....20**

**Figura 16. Cálculo de la capacidad de la batería .....21**

**Figura 17. Cálculo y características del inversor .....22**

**Figura 18. Resumen de equipos .....22**

**Figura 19. Producción y consumo de energía al año.....23**

**Figura 20. Producción y consumo de energía al año 10.....24**

**Figura 21. Iteraciones para aumento de demanda anual.....25**

**Figura 22. Verificación rendimiento de la batería en el año 10 con la demanda máxima proyectada.....30**

**Figura 23. Producción y consumo de energía al año.....31**

**Figura 24. Producción y consumo de energía al año 10.....32**

**Figura 25. Iteraciones para aumento de demanda anual.....33**

**Figura 26. Verificación rendimiento de la batería en el año 10 con la demanda máxima proyectada.....38**

**Figura 27. Protecciones del sistema .....39**

**Figura 28. Curvas de disparo de las protecciones.....39**

**Figura 29. Protecciones del sistema .....40**

**Figura 30. Curvas de disparo de las protecciones.....41**

**Figura 31. Cálculo ocupación de ductos Cable N° 6 AWG .....46**



<b>Figura 32. Cálculo ocupación de ductos Cable N° 8 AWG .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 33. Cálculo ocupación de ductos Cable N° 12 AWG .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 34. Curva de eficiencia para un inversor .....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 35. Características Módulos solares.....</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Parámetros del sistema</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 2. Selectividades entre protecciones</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 2. Selectividades entre protecciones</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 3. Cálculos de regulación</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>Tabla 4. Decisiones y acciones para controlar el riesgo</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 5. Evaluación Riesgo 1</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 6. Evaluación Riesgo 2</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 7. Evaluación Riesgo 3</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 8. Evaluación Riesgo 4</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 9. Evaluación Riesgo 5</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 10. Evaluación Riesgo 6</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 11. Evaluación Riesgo 7</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 12. Evaluación Riesgo 8</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 13. Evaluación Riesgo 9</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1. Producción vs Consumo de energía</b>	<b>23</b>
<b>Gráfica 2. Producción vs Consumo de energía a 10 años</b>	<b>24</b>
<b>Gráfica 1. Producción vs Consumo de energía</b>	<b>31</b>
<b>Gráfica 2. Producción vs Consumo de energía a 10 años</b>	<b>32</b>



## 1. Generalidades

El presente documento contiene las memorias de cálculo y especificaciones técnicas, referentes al proyecto estructurado para soluciones energéticas empleando sistemas fotovoltaicos dentro del desarrollo del proyecto: IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS PARA USUARIOS EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE ORITO, PUTUMAYO.

Este proyecto beneficiará a 551 usuarios de la zona rural del municipio de Orito, así:

- Usuarios residenciales: 519, con solución Tipo 1
- Infraestructura social: 17, de las cuales 16 son con solución Tipo 1 y 1 con solución Tipo 2
- Instituciones: 15, de las cuales 7 son con solución Tipo 1 y 8 con solución Tipo 2

## 2. Localización

La información contenida en el presente documento, hace referencia a las soluciones energéticas empleando sistemas solares fotovoltaicos aislados, para usuarios potenciales en el municipio de Orito, Putumayo.

## 3. Listado de usuarios

El listado de usuarios a beneficiar con cada uno de sus datos y coordenadas se encuentra en el anexo del capítulo 12.

## 4. Cálculo instalación solar fotovoltaica aislada

Se realiza un informe de una instalación solar fotovoltaica aislada de la red a partir de los datos de entrada introducidos, considerando los consumos estimados según las necesidades, el uso de los mismos y la radiación solar en función a la ubicación, orientación e inclinación de la instalación.



#### 4.1. Datos de ubicación y orientación

Las instalaciones estarán situadas en distintas veredas del municipio en las cuales el sistema solar fotovoltaico aislado es la solución más adecuada, para los usuarios potenciales enunciados en el listado que se anexa.

Las coordenadas promedio de los usuarios dispersos del proyecto son:

Latitud: 0.66831°

Longitud: -76.81499°

El sistema fotovoltaico estará dispuesto con las siguientes características:

- Inclinación: 10°
- Desorientación respecto al Sur: 0°

Usará un sistema de corriente alterna con un voltaje de 110 V.

El sistema no dispone de generador auxiliar.

#### 4.2. Cálculo de consumo de energía

Se calcula el consumo a partir del uso de los electrodomésticos y la iluminación por día. A continuación, se muestra el cálculo de consumos promedio para los usuarios residenciales:

*Figura 1. Cuadro de consumos usuario residencial.*

Calculo de Demanda de Energía Diaria					
Descripción de la Carga	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada	Uso (Horas)	Consumo (W.h/día)
Salidas de alumbrado	4	10	40	5	200
Salida para tomacorrientes	2	50	100	4	400
Televisión y codificador	1	60	60	4	240
Nevera	1	70	70	9	630
Licuidora	1	450	450	0.1	50
<b>Total Consumo AC</b>			<b>720</b>	<b>4.42</b>	<b>1520</b>

*Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S*

De esta manera, para este caso se presentan los análisis y cuadros de cargas y análisis de factor de potencia y armónicos de acuerdo al literal a) del Artículo 10.1.1 del RETIE:





Figura 2. Análisis y cuadro de cargas usuario residencial

CUADRO DE CARGAS													
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TN1- TABLERO INTERNO USUARIO RESIDENCIAL													
Tablero Monofásico 4 Circuitos													
Circuito Ramal N°	Salidas			Área de Servicio	Fase	Protección (A)	Conductor		ΔV	Factor de Potencia Estimado (f.p)	Facto K Estimado (Armónicos)	Corriente calculada (A)	Corriente Permissible conductor (A)
	N°	VA	Total		L1		N°	mm <sup>2</sup>					
C1	4	10	40	Salidas de alumbrado	40	1 x 20	12	3,30	0,09%	0,90	K-4	0,33	25
C2	2	50	100	Salidas para tomacorrientes	100	1 x 20	12	3,30	0,22%	0,85	K-4	0,83	25
C3	1	60	60	Salida TV y decodificador	60	1 x 20	12	3,30	0,13%	0,85	K-4	0,50	25
C4	1	520	520	Salida Nevera-Licuadora	520	1 x 20	12	3,30	1,16%	0,85	K-4	4,33	25
Carga Instalable (W)			720	Carga Instalable por Fase (W) =			720	Factor Promedio		0,86	K-4		

Seguidamente se presenta el cálculo de consumos promedio para los usuarios identificados como infraestructura social cuyas necesidades energéticas no son elevadas pues en su mayoría se trata de sitios de reunión, salones sociales, casas cabildo, etc., y de acuerdo al promedio de equipos que manifiestan tener/necesitar:

Figura 3. Cuadro de consumos usuario Infraestructura Social

Calculo de Demanda de Energía Diaria					
Descripción de la Carga	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada	Uso (Horas)	Consumo (W.h/día)
Salidas de alumbrado	4	10	40	3	120
Salida para tomacorrientes generales	2	40	80	3	240
Computador	3	180	540	1.82	980
Ventilador	1	60	60	3	180
<b>Total Consumo AC</b>			<b>720</b>	<b>2.16</b>	<b>1520</b>

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

De esta manera, para este caso se presentan los análisis y cuadros de cargas y análisis de factor de potencia y armónicos de acuerdo al literal a) del Artículo 10.1.1 del RETIE:

Figura 4. Análisis y cuadro de cargas usuario infraestructura social

CUADRO DE CARGAS													
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TN1- TABLERO INTERNO USUARIO INFRAESTRUCTURA SOCIAL													
Tablero Monofásico 4 Circuitos													
Circuito Ramal N°	Salidas			Área de Servicio	Fase	Protección (A)	Conductor		ΔV	Factor de Potencia Estimado (f.p)	Facto K Estimado (Armónicos)	Corriente calculada (A)	Corriente Permissible conductor (A)
	N°	VA	Total		L1		N°	mm <sup>2</sup>					
C1	4	10	40	Salidas de alumbrado	40	1 x 20	12	3,30	0,09%	0,90	K-4	0,33	25
C2	2	40	80	Salidas para tomacorrientes	80	1 x 20	12	3,30	0,18%	0,85	K-4	0,67	25
C3	3	180	540	Computador	540	1 x 20	12	3,30	1,20%	0,85	K-4	4,50	25
C4	1	60	60	Ventilador	60	1 x 20	12	3,30	0,13%	0,85	K-4	0,50	25
Carga Instalable (W)			720	Carga Instalable por Fase (W) =			720	Factor Promedio		0,86	K-4		



Para el caso de los sitios identificados como infraestructura social de carácter institucional como centros educativos o centros de salud, cuyas necesidades energéticas son superiores a las mencionadas anteriormente dada su particularidad, se presenta el siguiente cuadro de cargas tipo 2:

Figura 5. Cuadro de consumos usuario Institucional

Calculo de Demanda de Energía Diaria					
Descripción de la Carga	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada	Uso (Horas)	Consumo (W.h/día)
Salidas de alumbrado	6	10	60	5	300
Salida para tomacorrientes	3	50	150	4	600
Motobomba	1	746	746	1	746
Nevera	1	70	70	9	630
Licuadora	1	450	450	0.1	50
<b>Total Consumo AC</b>			<b>1476</b>	<b>3.82</b>	<b>2326</b>

De esta manera, para este caso se presentan los análisis y cuadros de cargas y análisis de factor de potencia y armónicos de acuerdo al literal a) del Artículo 10.1.1 del RETIE:

Figura 6. Análisis y cuadro de cargas usuario institucional

CUADRO DE CARGAS													
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TN1- TABLERO INTERNO USUARIO INSTITUCIONAL													
Tablero Monofásico 4 Circuitos													
Circuito Ramal N°	Salidas			Área de Servicio	Fase L1	Protección (A)	Conductor		ΔV	Factor de Potencia Estimado (f.p)	Facto K Estimado (Armónicos)	Corriente calculada (A)	Corriente Permissible conductor (A)
	N°	VA	Total				N°	mm <sup>2</sup>					
C1	6	10	60	Salidas de alumbrado	60	1 x 20	12	3,30	0,13%	0,90	K-4	0,50	25
C2	3	50	150	Salidas para tomacorrientes	150	1 x 20	12	3,30	0,33%	0,85	K-4	1,25	25
C3	1	746	746	Motobomba	746	1 x 20	12	3,30	1,66%	0,85	K-4	6,22	25
C4	1	520	520	Salida Nevera-Licuadora	520	1 x 20	12	3,30	1,16%	0,85	K-4	4,33	25
<b>Carga Instalable (W) =</b>			1476	<b>Carga Instalable por Fase (W) =</b>			1476	<b>Factor Promedio</b>		<b>0,86</b>	<b>K-4</b>		

A su vez, teniendo en cuenta que las características del SSFVI, su cuadro de cargas y la autonomía que se calcula son limitadas y a su vez en la etapa de entrega de la solución a los usuarios se les realiza una capacitación en el URE y la adquisición de aparatos y electrodomésticos de bajo consumo, no se tiene en cuenta un aumento de la demanda pues esto implicaría una reducción en la vida útil diseñada del sistema para cada usuario.

De igual modo, si los usuarios llegasen a cambiar su comportamiento de consumo a lo largo de los años, sólo lo podrían hacer hasta el límite de dimensionamiento del sistema y significaría una menor cantidad de horas de autonomía.

De las tablas anteriores, se obtiene que el Total de energía teórica diaria es de 1520 W.h/día en el primer caso lo que se traduce en un consumo mensual de 45.6 kWh/mes y de 2326 W.h/día en el segundo caso para un consumo mensual de 66.8 kWh/mes.



Para el cálculo del rendimiento del sistema se han utilizado los siguientes parámetros:

Coeficiente pérdidas en batería	5%
Coeficiente auto descarga batería	0,50%
Profundidad de descarga batería	80%
Coeficiente pérdidas conversión DC/AC	6%
Coeficiente pérdidas cableado	5%
Autonomía del sistema	1 d
Rendimiento General	83,1%

*Tabla 1. Parámetros del sistema*

Teniendo en cuenta este rendimiento general, la energía real que el sistema debe suministrar es:

$$\text{Energía Real Tipo 1} = \frac{1520 \text{ W}}{0,831} = 1892,12 \text{ W. h/día}$$

$$\text{Energía Real Tipo 2} = \frac{2326 \text{ W}}{0,831} = 2799.03 \text{ W. h/día}$$

### 4.3. Insolación promedio mensual

Para el cálculo de las horas sol pico, se ha utilizado la base de datos NREL-NASA, contemplando la inclinación y orientación elegidas, así como los datos de localización del lugar.



Figura 7. Base de datos NASA, Temperatura a 2m e Insolación incidente en una superficie horizontal

Table with columns: PARAMETRO, AÑO, Ene, Feb, Mar, Abr, May, Jun, Jul, Ago, Sep, Oct, Nov, Dic, PROMEDIO ANUAL. Contains two sections of data: T2M and ALLSKY\_SFC\_SW\_DWN, spanning years 1984 to 2019.

Fuente: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

La declinación solar se ha calculado con la siguiente formula:

delta = 23.45 \* sen(360 \* (284 + delta\_n) / 365)



Donde:

- $\delta$ : declinación (grados)
- $\delta_n$ : día del año (1...365, tomado 1 para el día de enero)

Se ha elegido un día de cada mes, que viene a coincidir con un día a mediados de mes. Para el cálculo de la elevación solar se han tomado los valores:

- $(90^\circ - \phi - \delta)$  en el solsticio de invierno
- $(90^\circ - \phi + \delta)$  en el solsticio de verano

Siendo  $\phi$  la latitud del lugar y  $\delta$  la declinación.

Para determinar la inclinación óptima se han utilizado las siguientes premisas:

- $\beta = \phi - \delta$  en el solsticio de verano
- $\beta = \phi + \delta$  en el solsticio de invierno

Pasando por el valor  $\beta = \phi$  en los equinoccios, y siendo  $\phi$  la latitud del lugar y  $\delta$  la declinación.

Para la estimación del parámetro  $rad\_glo\_op$ , se ha usado la siguiente fórmula:

$$G_a(\beta_{opt}) = \frac{G_a(0^\circ)}{1 - 4.46 * 10^{-4} * \beta_{opt} - 1.19 * 10^{-4} * \beta_{opt}^2}$$

Donde:

- $G_a(\beta_{opt})$ : Valor medio anual de la irradiación global sobre superficie con inclinación óptima (kW.h/m<sup>2</sup>)
- $G_a(0^\circ)$ : media anual de la irradiación global horizontal (kW.h/m<sup>2</sup>)
- $\beta_{opt}$ : inclinación óptima de la superficie (°).

Para la obtención del factor de irradiancia (FI) se han utilizado las siguientes expresiones:

$$FI = 1 - \left[ 1.2 * 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 * 10^{-5} * \alpha^2 \right] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$FI = 1 - \left[ 1.2 * 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \quad \text{para } \beta \leq 15^\circ$$

Donde:

- $FI$ : Factor de radiación (sin unidades)
- $\beta$  = inclinación real de la superficie (°)
- $\beta_{opt}$ : inclinación óptima de la superficie (°)
- $\alpha$  = acimut de la superficie (°)

Finalmente, las horas sol pico (HSP) es el resultado de multiplicar la radiación global óptima ( $G_a(\beta_{opt})$ ) por el factor de Irradiación (FI).



Figura 8. Cálculo Generación según HSP Tipo 1 y Tipo 2.

Cálculo Generación según Horas Pico Sol												
Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días por mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Declinación [°]	-21.27	-13.62	-2.02	9.78	19.26	23.39	21.18	13.12	1.81	-10.33	-19.60	-23.40
N° día (Día medio mes)	15	45	76	106	137	168	198	229	259	290	321	351
Elevación Solar [°]	68.06	75.71	87.32	99.11	108.60	112.72	110.52	102.45	91.15	79.00	69.73	65.93
Inclinación Óptima [°]	21.94	14.29	2.68	9.11	18.60	22.72	20.52	12.45	1.15	11.00	20.27	24.07
rad_glo_hor [kW/h/m <sup>2</sup> /día]	4.12	3.91	3.67	3.83	3.70	3.48	3.54	3.89	4.33	4.46	4.28	4.11
rad_glo_op [kW/h/m <sup>2</sup> /día]	4.41	4.03	3.67	3.88	3.90	3.75	3.76	3.98	4.34	4.55	4.54	4.47
FI	0.95	0.98	1.00	0.99	0.96	0.94	0.95	0.98	1.00	0.99	0.95	0.93
HSP/día	4.17	3.94	3.67	3.85	3.74	3.53	3.58	3.92	4.34	4.49	4.33	4.17
HSP/mes	129.31	110.40	113.86	115.44	116.09	105.80	111.03	121.47	130.06	139.15	130.00	129.38
Temperatura día max [°C]	21.55	21.62	21.37	21.05	20.49	19.70	19.61	20.52	21.36	21.42	21.25	21.29
Consumo/HSP día	438.50	463.91	497.99	475.36	488.43	518.65	510.69	466.80	421.91	407.49	422.09	438.27

Cálculo Generación según Horas Pico Sol												
Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días por mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Declinación [°]	-21.27	-13.62	-2.02	9.78	19.26	23.39	21.18	13.12	1.81	-10.33	-19.60	-23.40
N° día (Día medio mes)	15	45	76	106	137	168	198	229	259	290	321	351
Elevación Solar [°]	68.06	75.71	87.32	99.11	108.60	112.72	110.52	102.45	91.15	79.00	69.73	65.93
Inclinación Óptima [°]	21.94	14.29	2.68	9.11	18.60	22.72	20.52	12.45	1.15	11.00	20.27	24.07
rad_glo_hor [kW/h/m <sup>2</sup> /día]	4.12	3.91	3.67	3.83	3.70	3.48	3.54	3.89	4.33	4.46	4.28	4.11
rad_glo_op [kW/h/m <sup>2</sup> /día]	4.41	4.03	3.67	3.88	3.90	3.75	3.76	3.98	4.34	4.55	4.54	4.47
FI	0.95	0.98	1.00	0.99	0.96	0.94	0.95	0.98	1.00	0.99	0.95	0.93
HSP/día	4.17	3.94	3.67	3.85	3.74	3.53	3.58	3.92	4.34	4.49	4.33	4.17
HSP/mes	129.31	110.40	113.86	115.44	116.09	105.80	111.03	121.47	130.06	139.15	130.00	129.38
Temperatura día max [°C]	21.55	21.62	21.37	21.05	20.49	19.70	19.61	20.52	21.36	21.42	21.25	21.29
Consumo/HSP día	671.02	709.91	762.06	727.42	747.43	793.67	781.49	714.32	645.64	623.57	645.91	670.67

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

Para el cálculo del sistema fotovoltaico, se ha tenido en cuenta la inclinación y orientación elegidas, las HSP, la ratio de aprovechamiento del regulador de carga y las temperaturas medias mensuales diurnas del lugar elegido, obteniendo así los siguientes valores:

- El mes más desfavorable según consumos: Junio
- Inclinación óptima anual: 4.16°
- Inclinación óptima anual por consumos: 14.90°
- Inclinación elegida: 10°
- Azimut módulos: 0°
- Temperatura media mensual máxima diaria (3 meses): 20.94 °C
- Horas Sol Pico en meses más desfavorables: 3.53 HSP



#### 4.4. Cálculo y Selección de Equipos

##### 4.4.1. Sistema Solar FV Tipo 1

###### 4.4.1.1. Módulo Fotovoltaico

La elección del módulo, tiene en cuenta los distintos parámetros eléctricos y de insolación, que determinan el rendimiento, las unidades necesarias y su acoplamiento con el regulador y batería. De igual modo tiene en cuenta la degradación esperada de los módulos solares, que en promedio es de 0.8% anual y para el año 10 será de 8% (de acuerdo al documento anexo “*Tasas de degradación Fotovoltaica - Una revisión Analítica – NREL*”). A continuación, se observan los detalles del módulo y los cálculos elegidos.

Figura 9. Cálculo y características del módulo fotovoltaico

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS					
<b>Resumen cálculos de producción por HSP</b>					
Mes mas desfavorable:	Jun	Inclinación elegida:	10°	HSP en meses desfavorables:	3.53
Inclinación óptima anual:	4.16	Azimut modulos:	0°	Energía real diaria desde modulos:	1829
Inclinación óptima anual por consumos:	14.90	Temp. media mensual diaria (3 meses):	20.94	Insolación mes más desfavorable (kW.h/m <sup>2</sup> /día):	3.48
		<b>Potencia pico calculada (W):</b>	<b>526</b>		
<b>Módulo monocristalino 370 Wp, η=19%</b>					
<b>Parámetros Técnicos de los Módulos Fotovoltaicos</b>					
Voltaje a circuito abierto [Voc] (V):	48.2	Voltaje a pot máxima [Vmp] (V):	39.5		
Corriente de cortocircuito [Isc] (A):	9.86	Corriente a pot máxima [Imp] (A):	9.37		
Porcentaje de degradación anual:	0.8%	% de degradación al año 10:	8%		
Potencia máxima en el 1° año (W):	370	Potencia máxima en el 10° año (W):	341		
Potencia pico módulos total en el 1° año (Wp):	370	Coef. de temp de Pmax (%/°C):	-0.38%		
Potencia real a Temp. media max (Wp):	341	N° de módulos serie:	2		
Potencia pico módulos total en el 10° año (Wp)	683	N° de series paralelo:	1		
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>	<b>130%</b>	Total modulos :	2		

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

Teniendo en cuenta la degradación de los módulos al año 10, el grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de 130%. Este factor de optimización hace referencia a la relación que existe entre la potencia pico total del equipo calculado y la potencia total del equipo seleccionado por disponibilidad comercial. Cuando este factor



es igual o superior al 100% se define que el equipo cumple con el suministro en las condiciones simuladas.

#### 4.4.1.2. Regulador

Para la elección del regulador se tienen en cuenta los valores de tensión del sistema, los parámetros de los módulos fotovoltaicos, lo que aporta un determinado grado de optimización.

Figura 10. Características regulador MPPT

SELECCIÓN DE REGULADORES			
<b>Tensión del Sistema y Parámetros Técnicos de los Módulos Fotovoltaicos</b>			
Tensión del Sistema (V):	24	Corriente de cortocircuito [Isc] (A):	9.86
Tensión a circuito abierto [Voc] (V):	48.2	Corriente a pot máxima [Imp] (A):	9.37
Tensión a pot máxima [Vmp] (V):	39.5	Nº de módulos serie:	2
Corriente Módulo a tensión Sist Abierto (A):	9.86	Nº de series paralelo:	1
Corriente Módulo a tensión Sist Cerrado (A):	9.37	Total modulos :	2
<b>Corriente Total del Sistema Abierto (A):</b>	<b>10</b>	<b>Corriente Máxima de Carga (A):</b>	<b>28</b>
<b>Controlador de carga 24VDC - 40A MMPT, <math>\eta=95\%</math></b>			
<b>Parámetros Técnicos del Regulador</b>			
Tensión Nominal (V):	12 - 24	Voltaje máximo (V):	150
Potencia Nominal (Wp):	1008	Corriente consumo propio (mA):	15
Capacidad de Carga (A):	40	Eficiencia:	95%
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>	<b>141%</b>	Nº de Reguladores:	1

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de 141%. Con lo que se determina que la cantidad de reguladores requeridos. N.º Reguladores: 1. Este factor de optimización hace referencia a la relación que existe entre las características técnicas del equipo calculado respecto del equipo seleccionado por disponibilidad comercial. Cuando este factor es igual o superior al 100% se define que el equipo puede suministrar buen rendimiento en las condiciones simuladas.

#### 4.4.1.3. Batería

Para el cálculo de las baterías se ha tenido en cuenta la energía necesaria, la tensión del sistema, así como la profundidad de descarga y la autonomía de dicho sistema en días.





Figura 11. Cálculo de la capacidad de la batería

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS					
<b>Cálculo de capacidad del Banco de Baterías</b>					
Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día):	1829
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h):	2286
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Batería (Ah)</b>	<b>118</b>
<b>Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD</b>					
<b>Especificaciones Técnicas de cada Batería y Cálculo Cantidad</b>					
C10:	103 Ah	C20:	120 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Batería (A.h)	120	Capacidad en función Horaria:	C20
Nº Baterías en Serie:	1	Nº Baterías en Paralelo:	1	Nº Total Baterías:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>			<b>102%</b>		

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

De lo que se desprende que, adaptándonos al fabricante, utilizaremos una batería de 120 Ah en C20 y 24V. Con esta acumulación se tendría la capacidad de almacenamiento de 1 día, con los consumos teóricos.

El factor de optimización hace referencia a la relación que existe entre la batería calculada respecto de la batería seleccionada por disponibilidad comercial. Cuando este factor es igual o superior al 100% se define que el equipo puede suministrar buen rendimiento en las condiciones simuladas.

#### 4.4.1.4. Inversor

Para el dimensionado del inversor se han utilizado los siguientes datos:



Figura 12. Cálculo y características del inversor

SELECCIÓN DE INVERSOR-CARGADOR			
<b>Parámetros del Sistema</b>			
Tensión del Sistema DC (V):	24	Coeficiente de Simultaneidad:	0.9
Tensión de Salida AC (V):	110	Potencia mínima necesaria (W):	648
Potencia máxima simultánea instalada (W):	720	Factor de Seguridad:	1.25
<b>Potencia de Cálculo (W):</b>		<b>810</b>	
<b>Inversor de onda pura 24VDC / 120VAC 60 Hz - 1000W, <math>\eta=92\%</math></b>			
<b>Parámetros Técnicos del Regulador</b>			
Tensión Nominal (V):	24	Potencia Nominal (W):	1000
Potencia Continua (W):	1000	Potencia Instantánea (W):	3000
Consumo en Vacío (W):	5	Eficiencia:	92%
Ratio de Aprovechamiento:	81%	Nº de Inversores:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>		<b>123%</b>	

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

El grado de optimización elección equipo versus necesidades reales es de 123%. Este factor de optimización hace referencia a la relación que existe entre el equipo calculado respecto del equipo seleccionado por disponibilidad comercial. Cuando este factor es igual o superior al 100% se define que el equipo puede suministrar buen rendimiento en las condiciones simuladas.

#### 4.4.1.5. Resumen de equipos

Resumen de los elementos resultantes del cálculo.

Figura 13. Resumen de equipos

Cantidad	Descripción
2	Módulo monocristalino 370 Wp, $\eta=19\%$
1	Controlador de carga 24VDC - 40A MMPT, $\eta=95\%$
1	Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD
1	Inversor de onda pura 24VDC / 120VAC 60 Hz - 1000W, $\eta=92\%$

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S



#### 4.4.2. Sistema Solar FV Tipo 2

##### 4.4.2.1. Módulo Fotovoltaico

La elección del módulo, tiene en cuenta los distintos parámetros eléctricos y de insolación, que determinan el rendimiento, las unidades necesarias y su acoplamiento con el regulador y batería. De igual modo tiene en cuenta la degradación esperada de los módulos solares, que en promedio es de 0.8% anual y para el año 10 será de 8% (de acuerdo al documento anexo “*Tasas de degradación Fotovoltaica - Una revisión Analítica – NREL*”). A continuación, se observan los detalles del módulo y los cálculos elegidos.

Figura 14. Cálculo y características del módulo fotovoltaico

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS					
<b>Resumen cálculos de producción por HSP</b>					
Mes mas desfavorable:	Jun	Inclinación elegida:	10°	HSP en meses desfavorables:	3.53
Inclinación óptima anual:	4.16	Azimet modulos:	0°	Energía real diaria desde modulos:	2799
Inclinación óptima anual por consumos:	14.90	Temp. media mensual diaria (3 meses):	20.94	Insolación mes más desfavorable (kW.h/m <sup>2</sup> /día):	3.48
		<b>Potencia pico calculada (W):</b>	<b>805</b>		
<b>Módulo monocristalino 370 Wp, η=19%</b>					
<b>Parámetros Técnicos de los Módulos Fotovoltaicos</b>					
Voltaje a circuito abierto [Voc] (V):	48.2	Voltaje a pot máxima [Vmp] (V):	39.5		
Corriente de cortocircuito [Isc] (A):	9.86	Corriente a pot máxima [Imp] (A):	9.37		
Porcentaje de degradación anual:	0.8%	% de degradación al año 10:	8%		
Potencia máxima en el 1° año (W):	370	Potencia máxima en el 10° año (W):	341		
Potencia pico módulos total en el 1° año (Wp):	370	Coef. de temp de Pmax (%/°C):	-0.38%		
Potencia real a Temp. media max (Wp):	341	Nº de módulos serie:	3		
Potencia pico módulos total en el 10° año (Wp)	1024	Nº de series paralelo:	1		
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>	<b>127%</b>	Total modulos :	3		

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

Teniendo en cuenta la degradación de los módulos al año 10, el grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de 127%. Este factor de optimización hace referencia a la relación que existe entre la potencia pico total del equipo calculado y la potencia total del equipo seleccionado por disponibilidad comercial. Cuando este factor es igual o superior al 100% se define que el equipo cumple con el suministro en las condiciones simuladas.



#### 4.4.2.2. Regulador

Para la elección del regulador se tienen en cuenta los valores de tensión del sistema, los parámetros de los módulos fotovoltaicos, lo que aporta un determinado grado de optimización.

Figura 15. Características regulador MPPT

SELECCIÓN DE REGULADORES			
<b>Tensión del Sistema y Parámetros Técnicos de los Módulos Fotovoltaicos</b>			
Tensión del Sistema (V):	24	Corriente de cortocircuito [Isc] (A):	9.86
Tensión a circuito abierto [Voc] (V):	48.2	Corriente a pot máxima [Imp] (A):	9.37
Tensión a pot máxima [Vmp] (V):	39.5	Nº de módulos serie:	3
Corriente Módulo a tensión Sist Abierto (A):	9.86	Nº de series paralelo:	1
Corriente Módulo a tensión Sist Cerrado (A):	9.37	Total modulos :	3
<b>Corriente Total del Sistema Abierto (A):</b>	<b>10</b>	<b>Corriente Máxima de Carga (A):</b>	<b>43</b>
<b>Controlador de carga 24VDC - 50A MMPT, <math>\eta=99.5\%</math></b>			
<b>Parámetros Técnicos del Regulador</b>			
Tensión Nominal (V):	12 - 24	Voltaje máximo (V):	150
Potencia Nominal (Wp):	1300	Corriente consumo propio (mA):	15
Capacidad de Carga (A):	50	Eficiencia:	99.5%
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>	<b>117%</b>	Nº de Reguladores:	1

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de 117%. Con lo que se determina que la cantidad de reguladores requeridos. N.º Reguladores: 1. Este factor de optimización hace referencia a la relación que existe entre las características técnicas del equipo calculado respecto del equipo seleccionado por disponibilidad comercial. Cuando este factor es igual o superior al 100% se define que el equipo puede suministrar buen rendimiento en las condiciones simuladas.

#### 4.4.2.3. Batería

Para el cálculo de las baterías se ha tenido en cuenta la energía necesaria, la tensión del sistema, así como la profundidad de descarga y la autonomía de dicho sistema en días.



Figura 16. Cálculo de la capacidad de la batería

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS					
<b>Cálculo de capacidad del Banco de Baterías</b>					
Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día):	2799
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h):	3499
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Batería (Ah)</b>	<b>180</b>
<b>Batería LiFePO4 24VDC - 200 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD</b>					
<b>Especificaciones Técnicas de cada Batería y Cálculo Cantidad</b>					
C10:	103 Ah	C20:	200 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Batería (A.h)	200	Capacidad en función Horaria:	C20
Nº Baterías en Serie:	1	Nº Baterías en Paralelo:	1	Nº Total Baterías:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>			<b>111%</b>		

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

De lo que se desprende que, adaptándonos al fabricante, utilizaremos una batería de 200 Ah en C20 y 24V. Con esta acumulación se tendría la capacidad de almacenamiento de 1 día, con los consumos teóricos.

El factor de optimización hace referencia a la relación que existe entre la batería calculada respecto de la batería seleccionada por disponibilidad comercial. Cuando este factor es igual o superior al 100% se define que el equipo puede suministrar buen rendimiento en las condiciones simuladas.

#### 4.4.2.4. Inversor

Para el dimensionado del inversor se han utilizado los siguientes datos:



Figura 17. Cálculo y características del inversor

SELECCIÓN DE INVERSOR-CARGADOR			
<b>Parámetros del Sistema</b>			
Tensión del Sistema DC (V):	24	Coeficiente de Simultaneidad:	0.7
Tensión de Salida AC (V):	110	Potencia mínima necesaria (W):	1033
Potencia máxima simultánea instalada (W):	1476	Factor de Seguridad:	1.25
<b>Potencia de Cálculo (W):</b>		<b>1292</b>	
<b>Inversor de onda pura 24VDC / 120VAC 60 Hz - 1500W, <math>\eta \geq 90\%</math></b>			
<b>Parámetros Técnicos del Regulador</b>			
Tensión Nominal (V):	24	Potencia Nominal (W):	1500
Potencia Continua (W):	1500	Potencia Instantánea (W):	3000
Consumo en Vacío (W):	5	Eficiencia:	90%
Ratio de Aprovechamiento:	86%	Nº de Inversores:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>		<b>116%</b>	

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

El grado de optimización elección equipo versus necesidades reales es de 116%. Este factor de optimización hace referencia a la relación que existe entre el equipo calculado respecto del equipo seleccionado por disponibilidad comercial. Cuando este factor es igual o superior al 100% se define que el equipo puede suministrar buen rendimiento en las condiciones simuladas.

#### 4.4.2.5. Resumen de equipos

Resumen de los elementos resultantes del cálculo.

Figura 18. Resumen de equipos

Cantidad	Descripción
3	Módulo monocristalino 370 Wp, $\eta=19\%$
1	Controlador de carga 24VDC - 50A MMPT, $\eta=99.5\%$
1	Batería LiFePO4 24VDC - 200 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD
1	Inversor de onda pura 24VDC / 120VAC 60 Hz - 1500W, $\eta \geq 90\%$

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S



## 5. Producción y consumo de energía

### 5.1. Sistema Solar FV Tipo 1

De acuerdo al cálculo de energía consumida promedio y los equipos requeridos por la instalación calculados y seleccionados, obtenemos la siguiente comparativa de consumos y producción estimados a lo largo de un año.

Figura 19. Producción y consumo de energía al año

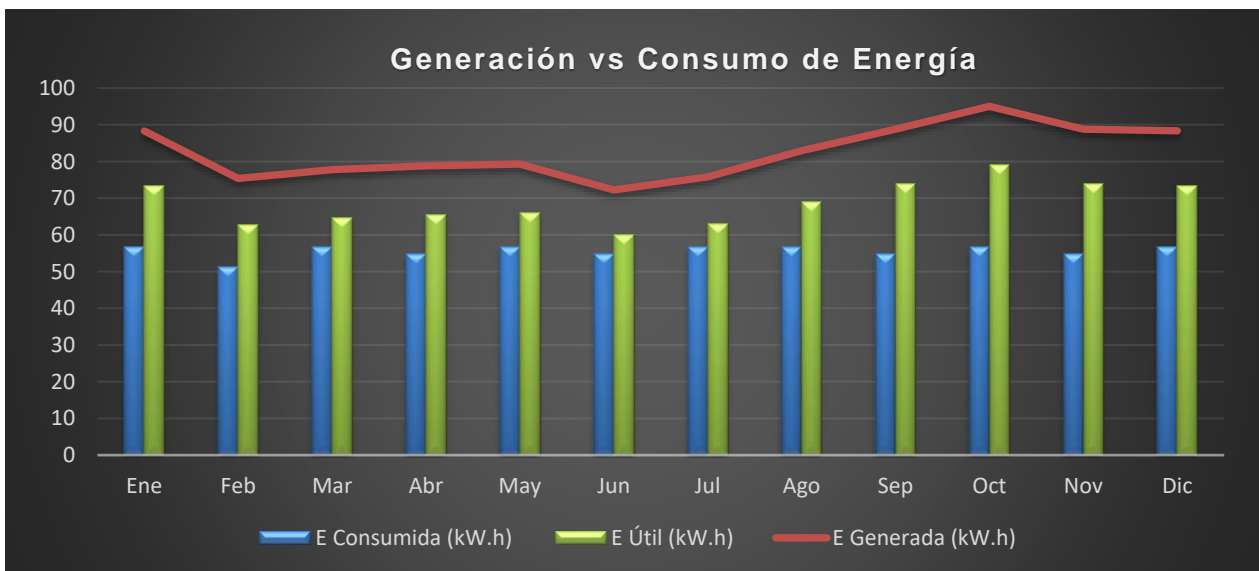
Comparativo Energía Generada vs Consumida												
Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
E Consumida (kW.h)	57	51	57	55	57	55	57	57	55	57	55	57
E Útil (kW.h)	73	63	65	66	66	60	63	69	74	79	74	73
E Generada (kW.h)	88	75	78	79	79	72	76	83	89	95	89	88

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

De lo anterior, se pueden determinar los siguientes resultados para cada usuario promedio:

- Consumo total al año: 668 kWh
- Producción total al año: 992 kWh
- Emisión CO2 Total evitada al año: 378 kg

Gráfica 1. Producción vs Consumo de energía



Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S



Ahora bien, teniendo en cuenta los efectos de las pérdidas en la generación por cuenta de la degradación en el tiempo de los módulos (0.8% anual de acuerdo al documento anexo “Tasas de degradación Fotovoltaica - Una revisión Analítica – NREL”), se presenta la gráfica de producción de energía desde el año 1 hasta el año 10.

Figura 20. Producción y consumo de energía al año 10

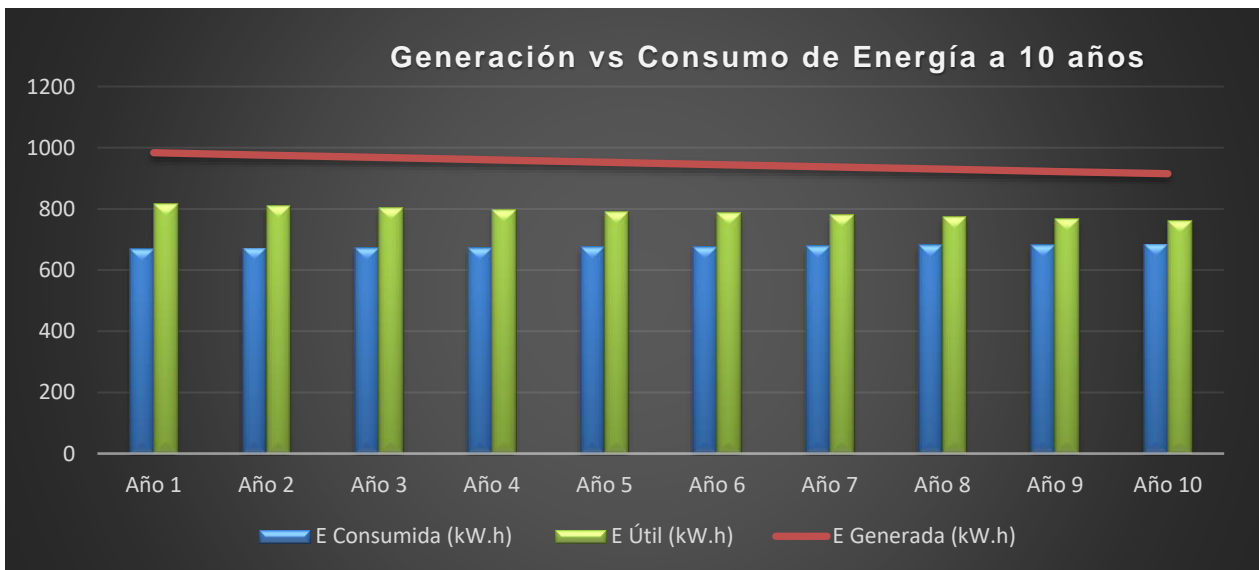
Comparativo Energía Generada vs Consumida										
Parámetro	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
E Consumida (kW.h)	669	671	672	674	676	677	679	681	682	684
E Útil (kW.h)	817	811	804	798	792	785	779	773	767	760
E Generada (kW.h)	984	976	968	960	953	945	937	930	922	915

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

De lo anterior, se pueden determinar los siguientes resultados para cada usuario promedio:

- Consumo total a 10 años: 6676 kWh
- Producción total a 10 años: 9489 kWh
- Emisión CO2 Total evitada al año: 3615 kg

Gráfica 2. Producción vs Consumo de energía a 10 años



Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

De acuerdo a lo anterior también se presenta, de manera informativa, la proyección máxima de demanda anual. Tasa máxima a la cual los usuarios podrían crecer en el





horizonte de vida del proyecto (10 años) sin que se vean afectados por las limitaciones del sistema ni reducidos los días de autonomía del mismo dado que el sistema es estacionario de acuerdo a los lineamientos del DNP para este tipo de proyectos.

Para obtener la proyección de aumento máximo anual de la demanda se realizan iteraciones de aumento de demanda cada 0.06% anual hasta lograr que el factor de optimización de la batería no descienda por debajo del 100%. De este modo al llegar a la cuarta iteración se logra un factor de optimización de la batería del 100% y en la quinta iteración se supera el límite inferior al llegar al 99% lo que indica que con una proyección anual de aumento de la demanda de 0.24% se logra estabilidad del sistema y se garantiza el día de autonomía dimensionado inicialmente.

Figura 21. Iteraciones para aumento de demanda anual

Iteración N° 1					
PROYECCIÓN DE DEMANDA					
Demanda Inicial (Wh)	1519.995	Crecimiento anual:	0.06%		
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
1520.00	1520.91	1521.82	1522.73	1523.65	
Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
1524.56	1525.48	1526.39	1527.31	1528.22	
CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS					
Cálculo de capacidad del Banco de Baterías					
Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día): 1839	
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h): 2299	
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Batería (A.h) 119</b>	
Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD					
Especificaciones Técnicas de cada Batería y Cálculo Cantidad					
C10:	103 Ah	C20:	120 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Batería (A.h)	120	Capacidad en función Horaria:	C20
N° Baterías en Serie:	1	N° Baterías en Paralelo:	1	N° Total Baterías:	1
Factor optimización equipo seleccionado:			101%		

**Iteración N° 2****PROYECCIÓN DE DEMANDA**

Demanda Inicial (Wh)	1519.995	Crecimiento anual:	0.12%	
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1520.00	1521.82	1523.65	1525.47	1527.30
Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1529.14	1530.97	1532.81	1534.65	1536.49

**CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS****Cálculo de capacidad del Banco de Baterías**

Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día):	1849
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h):	2311
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Bateria (Ah)</b>	<b>119</b>

**Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD****Especificaciones Técnicas de cada Bateria y Cálculo Cantidad**

C10:	103 Ah	C20:	120 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Bateria (A.h)	120	Capacidad en función Horaria:	C20
N° Baterías en Serie:	1	N° Baterías en Paralelo:	1	N° Total Baterías:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>			<b>101%</b>		

**Iteración N° 3****PROYECCIÓN DE DEMANDA**

Demanda Inicial (Wh)	1519.995	Crecimiento anual:	0.18%	
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1520.00	1522.73	1525.47	1528.22	1530.97
Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1533.72	1536.48	1539.25	1542.02	1544.80

**CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS****Cálculo de capacidad del Banco de Baterías**

Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día):	1859
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h):	2324
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Bateria (Ah)</b>	<b>120</b>

**Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD****Especificaciones Técnicas de cada Bateria y Cálculo Cantidad**

C10:	103 Ah	C20:	120 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Bateria (A.h)	120	Capacidad en función Horaria:	C20
N° Baterías en Serie:	1	N° Baterías en Paralelo:	1	N° Total Baterías:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>			<b>100%</b>		

**Iteración N° 4****PROYECCIÓN DE DEMANDA**

Demanda Inicial (Wh)	1519.995	Crecimiento anual:	0.24%	
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1520.00	1523.64	1527.30	1530.97	1534.64
Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1538.32	1542.01	1545.72	1549.43	1553.14

**CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS**

Cálculo de capacidad del Banco de Baterías				
Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día): 1869
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h): 2336
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Bateria (Ah) 120</b>

**Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD****Especificaciones Técnicas de cada Bateria y Cálculo Cantidad**

C10:	103 Ah	C20:	120 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Bateria (A.h)	120	Capacidad en función Horaria:	C20
N° Baterías en Serie:	1	N° Baterías en Paralelo:	1	N° Total Baterías:	1
		<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>	<b>100%</b>		

**Iteración N° 5****PROYECCIÓN DE DEMANDA**

Demanda Inicial (Wh)	1519.995	Crecimiento anual:	0.30%	
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1520.00	1524.55	1529.13	1533.72	1538.32
Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1542.93	1547.56	1552.20	1556.86	1561.53

**CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS**

Cálculo de capacidad del Banco de Baterías				
Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día): 1879
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h): 2349
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Bateria (Ah) 121</b>

Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD					
Especificaciones Técnicas de cada Bateria y Cálculo Cantidad					
C10:	103 Ah	C20:	120 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Bateria (A.h)	120	Capacidad en función Horaria:	C20
N° Baterías en Serie:	1	N° Baterías en Paralelo:	1	N° Total Baterías:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>			<b>99%</b>		

Fuente: Elaboración propia DICOMO S.A.S

De este modo y con las condiciones de rendimiento del sistema que se exponen:

Coeficiente perdidas en batería	5%
Coeficiente auto descarga batería	0,50%
Profundidad de descarga batería	80%
Coeficiente perdidas conversión DC/AC	6%
Coeficiente perdidas cableado	5%
Autonomía del sistema	1 d
Rendimiento General	83,1%



Teniendo en cuenta este rendimiento general, la energía real que el sistema debe suministrar en el año 10 es:

$$\text{Energía Real} = \frac{1553.14 \text{ W}}{0,831} = 1869 \text{ W.h/día}$$

De este modo, se verifica que la batería dimensionada para el sistema pueda suministrar la energía requerida y brindar el día de autonomía para esta demanda específica en el año 10.

*Figura 22. Verificación rendimiento de la batería en el año 10 con la demanda máxima proyectada*

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS			
Cálculo de capacidad del Banco de Baterías			
Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%
		Demanda Real (W.h/día):	1869
		Capacidad Banco Baterías (W.h):	2336
		<b>Capacidad Batería (A.h)</b>	<b>120</b>
Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD			
Especificaciones Técnicas de cada Batería y Cálculo Cantidad			
C10:	103 Ah	C20:	120 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Batería (A.h)	120
Nº Baterías en Serie:	1	Nº Baterías en Paralelo:	1
		Capacidad en función Horaria:	C20
		Nº Total Baterías:	1
		<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaboración propia DICOMO S.A.S*

Se concluye entonces que, de acuerdo a la proyección máxima de demanda, esta sólo puede crecer hasta un 0.24% anual para que la batería dimensionada pueda suministrar y garantizar la energía y días de autonomía del sistema.



### 5.2. Sistema Solar FV Tipo 2

De acuerdo al cálculo de energía consumida promedio y los equipos requeridos por la instalación calculados y seleccionados, obtenemos la siguiente comparativa de consumos y producción estimados a lo largo de un año.

Figura 23. Producción y consumo de energía al año

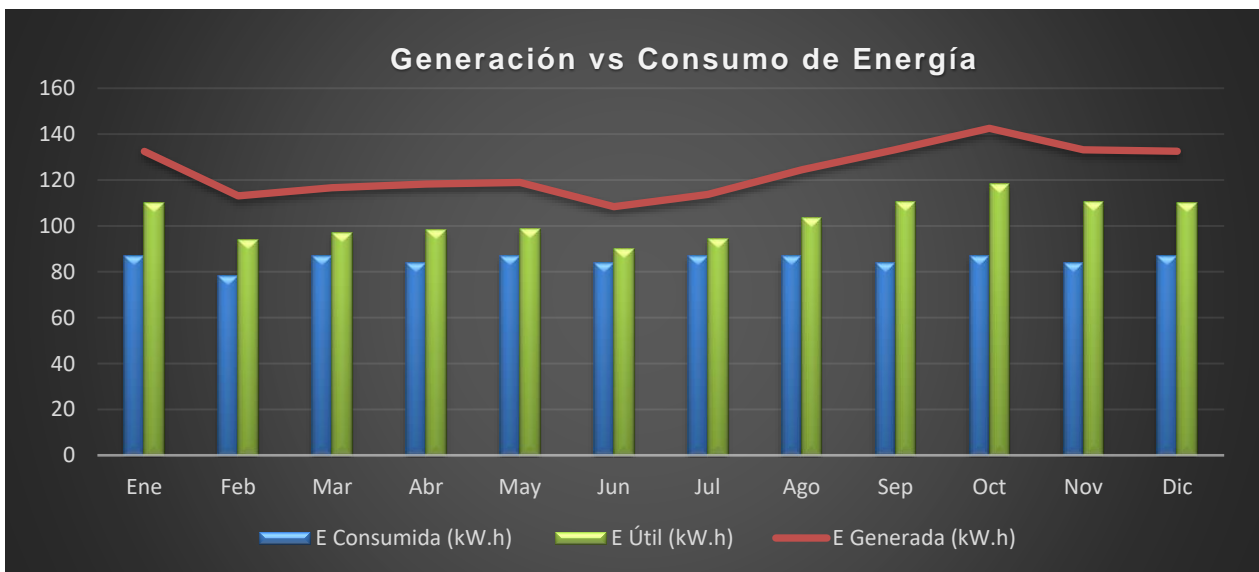
Comparativo Energía Generada vs Consumida												
Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
E Consumida (kW.h)	87	78	87	84	87	84	87	87	84	87	84	87
E Útil (kW.h)	110	94	97	98	99	90	95	103	111	118	111	110
E Generada (kW.h)	132	113	117	118	119	108	114	124	133	143	133	133

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

De lo anterior, se pueden determinar los siguientes resultados para cada usuario promedio:

- Consumo total al año: 1022 kWh
- Producción total al año: 1487 kWh
- Emisión CO2 Total evitada al año: 567 kg

Gráfica 3. Producción vs Consumo de energía



Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

Ahora bien, teniendo en cuenta los efectos de las pérdidas en la generación por cuenta de la degradación en el tiempo de los módulos (0.8% anual de acuerdo al documento



anexo "Tasas de degradación Fotovoltaica - Una revisión Analítica – NREL", se presenta la gráfica de producción de energía desde el año 1 hasta el año 10.

Figura 24. Producción y consumo de energía al año 10

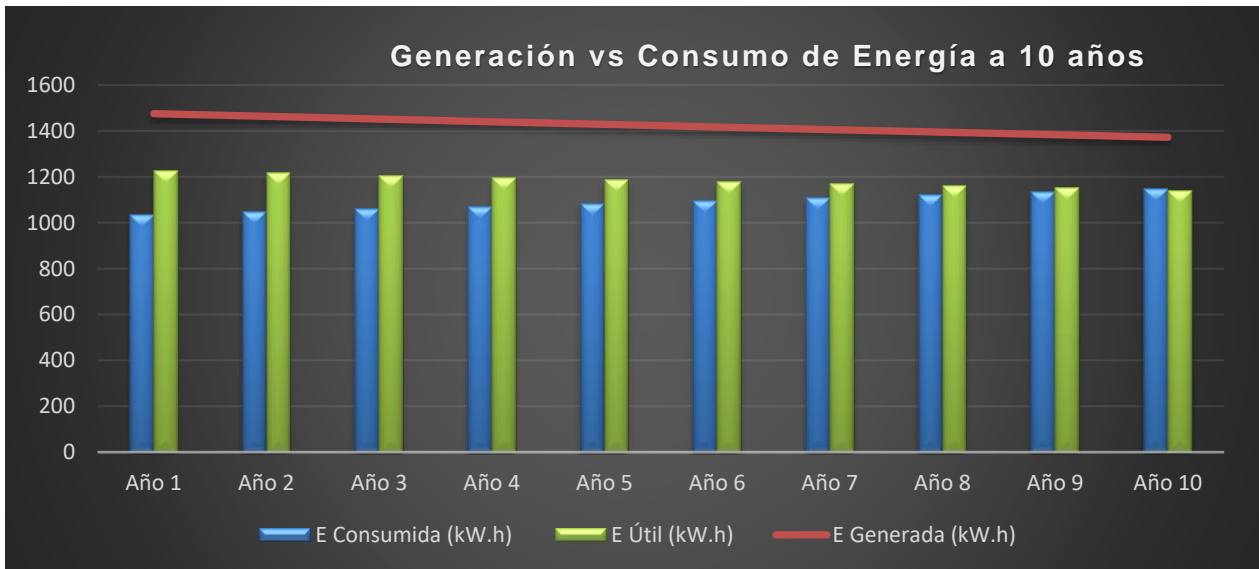
Comparativo Energía Generada vs Consumida										
Parámetro	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
E Consumida (kW.h)	1034	1046	1058	1071	1083	1096	1109	1122	1135	1149
E Útil (kW.h)	1226	1216	1207	1197	1187	1178	1168	1159	1150	1141
E Generada (kW.h)	1475	1464	1452	1440	1429	1417	1406	1395	1384	1373

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

De lo anterior, se pueden determinar los siguientes resultados para cada usuario promedio:

- Consumo total a 10 años: 10904 kWh
- Producción total a 10 años: 14234 kWh
- Emisión CO2 Total evitada al año: 5423 kg

Gráfica 4. Producción vs Consumo de energía a 10 años



Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

De acuerdo a lo anterior también se presenta, de manera informativa, la proyección máxima de demanda anual. Tasa máxima a la cual los usuarios podrían crecer en el horizonte de vida del proyecto (10 años) sin que se vean afectados por las limitaciones del sistema ni reducidos los días de autonomía del mismo dado que el sistema es estacionario de acuerdo a los lineamientos del DNP para este tipo de proyectos.





Para obtener la proyección de aumento máximo anual de la demanda se realizan iteraciones de aumento de demanda cada 0.295% anual hasta lograr que el factor de optimización de la batería no descienda por debajo del 100%. De este modo al llegar a la cuarta iteración se logra un factor de optimización de la batería del 100% y en la quinta iteración se supera el límite inferior al llegar al 99% lo que indica que con una proyección anual de aumento de la demanda de 1.18% se logra estabilidad del sistema y se garantiza el día de autonomía dimensionado inicialmente.

Figura 25. Iteraciones para aumento de demanda anual

Iteración N° 1					
PROYECCIÓN DE DEMANDA					
Demanda Inicial (Wh)	2325.995	Crecimiento anual:	0.295%		
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
2326.00	2332.86	2339.74	2346.64	2353.56	
Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
2360.51	2367.47	2374.45	2381.46	2388.48	
CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS					
Cálculo de capacidad del Banco de Baterías					
Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día): 2874	
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h): 3593	
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Bateria (Ah) 185</b>	
Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD					
Especificaciones Técnicas de cada Bateria y Cálculo Cantidad					
C10:	103 Ah	C20:	200 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Bateria (A.h)	200	Capacidad en función Horaria:	C20
N° Baterías en Serie:	1	N° Baterías en Paralelo:	1	N° Total Baterías:	1
Factor optimización equipo seleccionado:			108%		

**Iteración N° 2****PROYECCIÓN DE DEMANDA**

Demanda Inicial (Wh)	2325.995	Crecimiento anual:	0.590%	
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
2326.00	2339.72	2353.52	2367.41	2381.38
Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
2395.43	2409.56	2423.78	2438.08	2452.46

**CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS****Cálculo de capacidad del Banco de Baterías**

Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día):	2951
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h):	3689
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Batería (Ah)</b>	<b>190</b>

**Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD****Especificaciones Técnicas de cada Batería y Cálculo Cantidad**

C10:	103 Ah	C20:	200 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Batería (A.h)	200	Capacidad en función Horaria:	C20
N° Baterías en Serie:	1	N° Baterías en Paralelo:	1	N° Total Baterías:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>			<b>105%</b>		

**Iteración N° 3****PROYECCIÓN DE DEMANDA**

Demanda Inicial (Wh)	2325.995	Crecimiento anual:	0.885%	
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
2326.00	2346.58	2367.35	2388.30	2409.43
Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
2430.76	2452.27	2473.97	2495.87	2517.96

**CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS****Cálculo de capacidad del Banco de Baterías**

Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día):	3030
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h):	3788
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Batería (Ah)</b>	<b>195</b>

**Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD****Especificaciones Técnicas de cada Batería y Cálculo Cantidad**

C10:	103 Ah	C20:	200 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Batería (A.h)	200	Capacidad en función Horaria:	C20
N° Baterías en Serie:	1	N° Baterías en Paralelo:	1	N° Total Baterías:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>			<b>102%</b>		

**Iteración N° 4****PROYECCIÓN DE DEMANDA**

Demanda Inicial (Wh)	2325.995	Crecimiento anual:	1.180%	
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
2326.00	2353.44	2381.21	2409.31	2437.74
Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
2466.51	2495.61	2525.06	2554.85	2585.00

**CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS****Cálculo de capacidad del Banco de Baterías**

Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día):	3111
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h):	3888
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Batería (Ah)</b>	<b>200</b>

**Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD****Especificaciones Técnicas de cada Batería y Cálculo Cantidad**

C10:	103 Ah	C20:	200 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Batería (A.h)	200	Capacidad en función Horaria:	C20
N° Baterías en Serie:	1	N° Baterías en Paralelo:	1	N° Total Baterías:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>			<b>100%</b>		

**Iteración N° 5****PROYECCIÓN DE DEMANDA**

Demanda Inicial (Wh)	2325.995	Crecimiento anual:	1.475%	
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
2326.00	2360.30	2395.12	2430.45	2466.29
Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
2502.67	2539.59	2577.05	2615.06	2653.63

**CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS****Cálculo de capacidad del Banco de Baterías**

Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días):	1.0	Demanda Real (W.h/día):	3193
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V):	24	Capacidad Banco Baterías (W.h):	3992
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria:	10%	<b>Capacidad Batería (Ah)</b>	<b>206</b>

**Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD****Especificaciones Técnicas de cada Batería y Cálculo Cantidad**

C10:	103 Ah	C20:	200 Ah	C40:	150 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Batería (A.h)	200	Capacidad en función Horaria:	C20
N° Baterías en Serie:	1	N° Baterías en Paralelo:	1	N° Total Baterías:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>			<b>97%</b>		

Fuente: Elaboración propia DICOMO S.A.S

De este modo y con las condiciones de rendimiento del sistema que se exponen:

Coefficiente perdidas en batería	5%
Coefficiente auto descarga batería	0,50%
Profundidad de descarga batería	80%
Coefficiente perdidas conversión DC/AC	6%
Coefficiente perdidas cableado	5%
Autonomía del sistema	1 d
Rendimiento General	83,1%

Teniendo en cuenta este rendimiento general, la energía real que el sistema debe suministrar en el año 10 es:



$$\text{Energía Real} = \frac{2585 \text{ W}}{0,831} = 3111 \text{ W.h/día}$$

De este modo, se verifica que la batería dimensionada para el sistema pueda suministrar la energía requerida y brindar el día de autonomía para esta demanda específica en el año 10.

*Figura 26. Verificación rendimiento de la batería en el año 10 con la demanda máxima proyectada*

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS			
<b>Cálculo de capacidad del Banco de Baterías</b>			
Rendimiento Banco de Baterías:	95%	Autonomía (días): 1.0	Demanda Real (W.h/día): 3111
Profundidad de Descarga:	80%	Tensión Banco de Baterías (V): 24	Capacidad Banco Baterías (W.h): 3888
Horas autonomía diaria según demanda:	13.5	Factor de Seguridad horaria: 10%	<b>Capacidad Batería (Ah) 200</b>
<b>Batería LiFePO4 24VDC - 120 Ah, 3650 ciclos al 80% DOD</b>			
<b>Especificaciones Técnicas de cada Batería y Cálculo Cantidad</b>			
C10:	103 Ah	C20:	200 Ah
Tensión Nominal (V):	24	Capacidad Nom. Batería (A.h)	200
Nº Baterías en Serie:	1	Nº Baterías en Paralelo:	1
<b>Factor optimización equipo seleccionado:</b>		<b>100%</b>	

*Fuente: Elaboración propia DICOMO S.A.S*

Se concluye entonces que, de acuerdo a la proyección máxima de demanda, esta sólo puede crecer hasta un 1.18% anual para que la batería dimensionada pueda suministrar y garantizar la energía y días de autonomía del sistema.

## 6. Coordinación de protecciones

### 6.1. Sistema Solar FV Tipo 1

Las protecciones utilizadas para el Sistema Solar Fotovoltaico Aislado que se propone son:



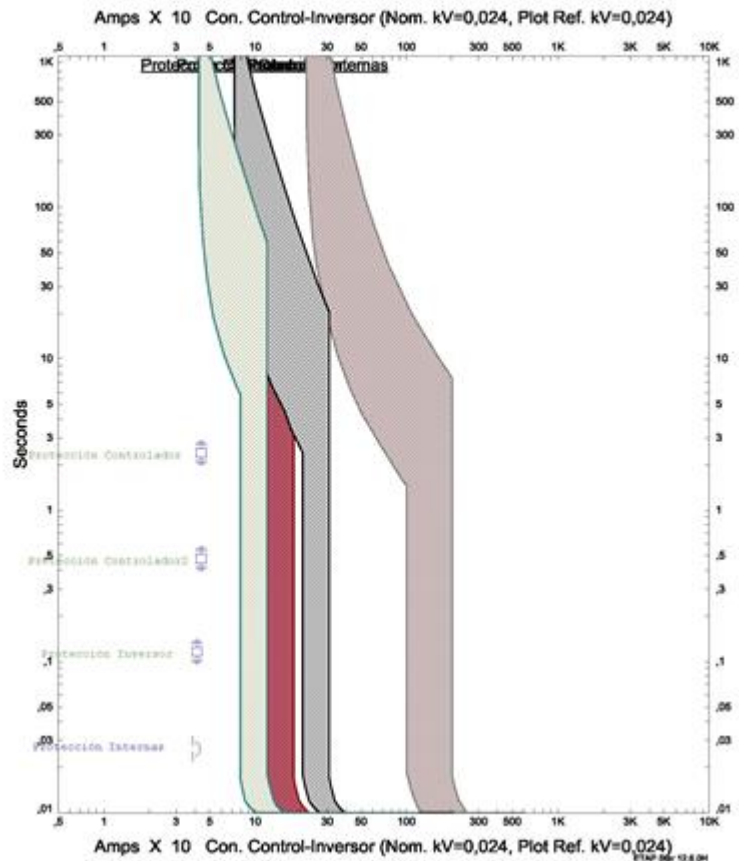
- Protección entrada del controlador MPPT: Minibreaker DC 2 x 16 A, 6 kA, Curva Z
- Protección salida del controlador MPPT: Minibreaker DC 2 x 40 A, 6 kA, Curva Z
- Protección entrada del inversor: Minibreaker DC 2 x 50 A, 6 kA, Curva Z
- Protección del tablero de distribución: Breaker AC 1 x 20 A, 10 kA, Curva C.

Figura 27. Protecciones del sistema

Tramo	Protección (A)	I Calculada (A)	Verificación
Salida Paneles - Entrada Controlador	16	12,33	Efectiva
Salida Controlador - Entrada Baterías	40	35,57	Efectiva
Salida Baterías - Entrada Inversor	50	47,92	Efectiva
Salida del Inversor en AC	20	9,20	Efectiva

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

Figura 28. Curvas de disparo de las protecciones



Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S



Tabla 2. Selectividades entre protecciones

PROTECCION	SELECTIVIDAD AGUAS ARRIBA	
Entrada Controlador 2x16 A DC	N/A	N/A
Salida Controlador 2x40 A DC	120 A DC	Limitada
Entrada Inversor 2x50 A DC	180 A DC	Limitada
Tablero de Distribución 1X20 A AC	2238 A AC	Total

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

## 6.2. Sistema Solar FV Tipo 2

Las protecciones utilizadas para el Sistema Solar Fotovoltaico Aislado que se propone son:

- Protección entrada del controlador MPPT: Minibreaker DC 2 x 16 A, 6 kA, Curva Z
- Protección salida del controlador MPPT: Minibreaker DC 2 x 50 A, 6 kA, Curva Z
- Protección entrada del inversor: Minibreaker DC 2 x 70 A, 6 kA, Curva Z
- Protección del tablero de distribución: Breaker AC 1 x 20 A, 10 kA, Curva C.

Figura 29. Protecciones del sistema

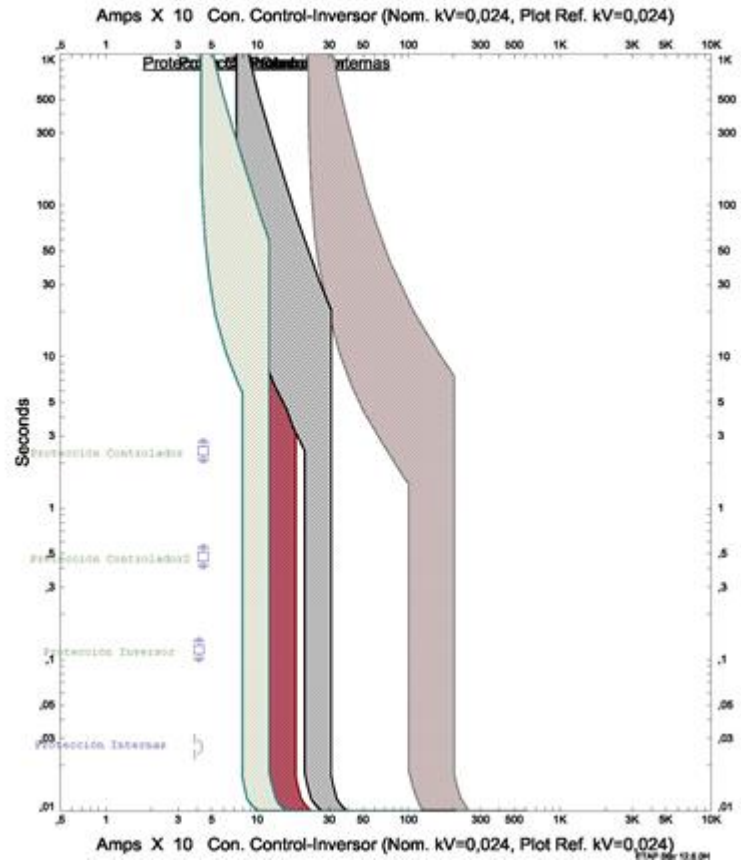
Tramo	Protección (A)	I Calculada (A)	Verificación
Salida Paneles - Entrada Controlador	16	11,34	Efectiva
Salida Controlador - Entrada Baterías	50	49,08	Efectiva
Salida Baterías - Entrada Inversor	70	68,75	Efectiva
Salida del Inversor en AC	20	13,50	Efectiva

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S





Figura 30. Curvas de disparo de las protecciones



Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

Tabla 3. Selectividades entre protecciones

PROTECCION	SELECTIVIDAD AGUAS ARRIBA	
Entrada Controlador 2x16 A DC	N/A	N/A
Salida Controlador 2x50 A DC	145 A DC	Limitada
Entrada Inversor 2x70 A DC	231A DC	Limitada
Tablero de Distribución 1X20 A AC	2553 A AC	Total

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S



## 7. Cálculos de regulación

### 7.1. Sistema Solar FV Tipo 1

Tabla 4. Cálculos de regulación

#### CÁLCULOS REGULACIÓN DE TENSIÓN

Tramo entre Módulos y Caja de Conexión					
Datos de Calculo		Especificaciones Conductor		Regulación	
Voltaje a pot máxima x juego [Vmp] (V):	79	Calibre (AWG):	12	Resistencia del Cable ( $\Omega/m$ ):	0.0053
Corriente a pot máxima [Imp] (A):	9.37	Tipo:	Solar	Distancia (m):	1.5
Potencia (W):	740.23	Material:	Cobre	Voltaje Salida (V):	78.93
		Diámetro (mm):	5.6	Caida Tensión (V):	0.07
		Área (mm <sup>2</sup> ):	3.31	Caida Tensión (%):	0.09%

Entre Caja de Conexión (transición Cable Solar a Cable THHN) y Controlador de Carga					
Datos de Calculo		Especificaciones Conductor		Regulación	
Módulos en Serie:	2	Calibre (AWG):	12	Resistencia del Cable ( $\Omega/m$ ):	0.0054
Módulos en Paralelo:	1	Tipo:	THHN	Distancia (m):	8
Tensión Entrada DC [V <sub>DC</sub> ] (V):	78.93	Material:	Cobre	Voltaje Salida (V):	78.52
Corriente DC [I <sub>DC</sub> ] (A):	9.37	Diámetro (mm):	3.94	Caida Tensión (V):	0.40
Potencia (W):	739.53	Área (mm <sup>2</sup> ):	3.31	Caida Tensión (%):	0.51%

Caída de tensión acumulada entre paneles y Controlador de Carga:	0.4 V	0.60%
--	-------	-------

Entre Controlador de Carga y Banco de Baterías					
Datos de Calculo		Especificaciones Conductor		Regulación	
Tensión Entrada DC [V <sub>DC</sub> ] (V):	24	Calibre (AWG):	6	Resistencia del Cable ( $\Omega/m$ ):	0.0013



Corriente DC [ $I_{DC}$ ] (A):	30.81	Tipo:	THHN	Distancia (m):	0.5
Potencia (W):	739.53	Material:	Cobre	Voltaje Salida (V):	23.98
		Diámetro (mm):	6.63	Caida Tensión (V):	0.02
		Área (mm <sup>2</sup> ):	13.3	Caida Tensión (%):	0.08%

Entre Controlador de Carga e Inversor					
Datos de Calculo		Especificaciones Conductor		Regulación	
Tensión Entrada DC [ $V_{DC}$ ] (V):	23.98	Calibre (AWG):	6	Resistencia del Cable ( $\Omega/m$ ):	0.0013
Corriente DC [ $I_{DC}$ ] (A):	30.03	Tipo:	THHN	Distancia (m):	0.5
Potencia (W):	720	Material:	Cobre	Voltaje Salida (V):	23.96
		Diámetro (mm):	6.63	Caida Tensión (V):	0.02
		Área (mm <sup>2</sup> ):	13.3	Caida Tensión (%):	0.08%

Entre Inversor y Tablero Distribución					
Datos de Calculo		Especificaciones Conductor		Regulación	
Tensión [ $V_{AC}$ ] (V):	110	Calibre (AWG):	8	Resistencia del Cable ( $\Omega/km$ ):	2.56
Potencia de Cálculo (W):	720	Tipo:	THHN	Reactancia del Cable ( $\Omega/km$ ):	0.171
Corriente [ $I_{AC}$ ] (A):	6.55	Material:	Cobre	Distancia (m):	10
		Diámetro (mm):	5.69	Caida Tensión (V):	0.28
		Área (mm <sup>2</sup> ):	8.37	Caida Tensión (%):	0.26%

<b>Caída de tensión acumulada entre paneles y Tablero Distribución:</b>	<b>0.78 V</b>	<b>0.94%</b>
---	---------------	--------------

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

**7.2. Sistema Solar FV Tipo 2****CÁLCULOS REGULACIÓN DE TENSIÓN**

Tramo entre Módulos y Caja de Conexión					
Datos de Calculo		Especificaciones Conductor		Regulación	
Voltaje a pot máxima x juego [Vmp] (V):	118.5	Calibre (AWG):	12	Resistencia del Cable ( $\Omega/m$ ):	0.0053
Corriente a pot máxima [Imp] (A):	9.37	Tipo:	Solar	Distancia (m):	1.5
Potencia (W):	1110.35	Material:	Cobre	Voltaje Salida (V):	118.43
		Diámetro (mm):	5.6	Caida Tensión (V):	0.07
		Área (mm <sup>2</sup> ):	3.31	Caida Tensión (%):	0.06%

Entre Caja de Conexión (transición Cable Solar a Cable THHN) y Controlador de Carga					
Datos de Calculo		Especificaciones Conductor		Regulación	
Módulos en Serie:	3	Calibre (AWG):	12	Resistencia del Cable ( $\Omega/m$ ):	0.0054
Módulos en Paralelo:	1	Tipo:	THHN	Distancia (m):	8
Tensión Entrada DC [V <sub>DC</sub> ] (V):	118.43	Material:	Cobre	Voltaje Salida (V):	118.02
Corriente DC [I <sub>DC</sub> ] (A):	9.37	Diámetro (mm):	3.94	Caida Tensión (V):	0.40
Potencia (W):	1109.65	Área (mm <sup>2</sup> ):	3.31	Caida Tensión (%):	0.34%

Caída de tensión acumulada entre paneles y Controlador de Carga:	0.4 V	0.40%
--	-------	-------

Entre Controlador de Carga y Banco de Baterías					
Datos de Calculo		Especificaciones Conductor		Regulación	
Tensión Entrada DC [V <sub>DC</sub> ] (V):	24.00	Calibre (AWG):	6	Resistencia del Cable ( $\Omega/m$ ):	0.0013
Corriente DC [I <sub>DC</sub> ] (A):	46.24	Tipo:	THHN	Distancia (m):	0.5
Potencia (W):	1109.65	Material:	Cobre	Voltaje Salida (V):	23.97
		Diámetro (mm):	6.63	Caida Tensión (V):	0.03



Área (mm <sup>2</sup> ):	13.3	Caida Tensión (%):	0.13%
--------------------------	------	--------------------	-------

Entre Controlador de Carga e Inversor					
Datos de Calculo		Especificaciones Conductor		Regulación	
Tensión Entrada DC [V <sub>DC</sub> ] (V):	23.97	Calibre (AWG):	6	Resistencia del Cable (Ω/m):	0.0013
Corriente DC [I <sub>DC</sub> ] (A):	61.58	Tipo:	THHN	Distancia (m):	0.5
Potencia (W):	1476	Material:	Cobre	Voltaje Salida (V):	23.93
		Diámetro (mm):	6.63	Caida Tensión (V):	0.04
		Área (mm <sup>2</sup> ):	13.3	Caida Tensión (%):	0.17%

Entre Inversor y Tablero Distribución					
Datos de Calculo		Especificaciones Conductor		Regulación	
Tensión [V <sub>AC</sub> ] (V):	110	Calibre (AWG):	8	Resistencia del Cable (Ω/km):	2.56
Potencia de Cálculo (W):	1476	Tipo:	THHN	Reactancia del Cable (Ω/km):	0.171
Corriente [I <sub>AC</sub> ] (A):	13.42	Material:	Cobre	Distancia (m):	10
		Diámetro (mm):	5.69	Caida Tensión (V):	0.58
		Área (mm <sup>2</sup> ):	8.37	Caida Tensión (%):	0.52%

<b>Caída de tensión acumulada entre paneles y Tablero Distribución:</b>	<b>1.09 V</b>	<b>1.10%</b>
---	---------------	--------------

## 8. Cálculo de canalizaciones

A continuación, se presenta el cálculo de ocupación de canalizaciones para los calibres de cables utilizados en el sistema.



Figura 31. Cálculo ocupación de ductos Cable N° 6 AWG

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	6	THW 600 V	1	7,71	46,69	46,69
2	6	THW 600 V	1	7,71	46,69	46,69
3	12	THW 600 V	0			
4	12	THW 600 V	0			
5	12	THW 600 V	0			
					<b>Area Total</b>	<b>93,37 mm2</b>
Tipo de Ducto: Tuberia Metalica Electrica						
Diametro: 3/4 Pulgadas						
					Diametro**	20,9 mm
					<b>Area Total</b>	<b>343,07 mm2</b>
<b>Max. Ocupacion</b>			<b>40,00%</b>	<b>Ocupación</b>		<b>27,22%</b>

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

Figura 32. Cálculo ocupación de ductos Cable N° 8 AWG

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	8	THW 600 V	1	5,99	28,18	28,18
2	8	THW 600 V	1	5,99	28,18	28,18
3	8	THW 600 V	1	5,99	28,18	28,18
4	12	THW 600 V	0			
5	12	THW 600 V	0			
					<b>Area Total</b>	<b>84,54 mm2</b>
Tipo de Ducto: Tubo de PVC, Tipo A						
Diametro: 3/4 Pulgadas						
					Diametro**	23,1 mm
					<b>Area Total</b>	<b>419,10 mm2</b>
<b>Max. Ocupacion</b>			<b>40,00%</b>	<b>Ocupación</b>		<b>20,17%</b>

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S



Figura 33. Cálculo ocupación de ductos Cable N° 12 AWG

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	12	THW 600 V	1	3,84	11,58	11,58	
2	12	THW 600 V	1	3,84	11,58	11,58	
3	12	THW 600 V	0				
4	12	THW 600 V	0				
5	12	THW 600 V	0				
<b>Area Total</b>						<b>23,16</b>	<b>mm2</b>
Tipo de Ducto: Tuberia Metalica Electrica							
Diametro: 3/4 Pulgadas							
<b>Diametro**</b>						<b>20,9</b>	<b>mm</b>
<b>Area Total</b>						<b>343,07</b>	<b>mm2</b>
<b>Max. Ocupacion</b>			<b>40,00%</b>	<b>Ocupación</b>		<b>6,75%</b>	

Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

### 9. Análisis de riesgos y medidas para mitigarlos

El Análisis del Riesgo Eléctrico, se ha realizado a partir de los Factores de Riesgo Eléctrico más comunes aplicables al proyecto, y en general, siguiendo los lineamientos del Capítulo 2, Artículo 9º de Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

A continuación, se presenta la valoración para los factores de riesgo más determinantes y comunes, que fueron evaluados para el proyecto y los resultados obtenidos de cada análisis por medio de la Matriz de Riesgos, cuyos resultados deben ser evaluados de acuerdo con la Tabla 1, a fin de determinar las acciones correctivas que deben ser implementadas para su control, prevención o mitigación.



Tabla 5. Decisiones y acciones para controlar el riesgo

DECISIONES Y ACCIONES PARA CONTROLAR EL RIESGO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	MUY ALTO	<b>Inadmisible para trabajar.</b> Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volverlo a valorar en grupo, hasta reducirlo.  Requiere permiso especial de trabajo	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el análisis de trabajo seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	ALTO	<b>Minimizarlo.</b> Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.  Requiere Permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	<b>Aceptarlo.</b> Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).  Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	<b>Asumirlo.</b> Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: - ¿Qué puede salir mal o fallar? - ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? - ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Fuente: RETIE 2013





### 9.1. Riesgo 1 – Ausencia de Electricidad

Una falla o ausencia en el suministro de energía eléctrica, puede representar un riesgo moderado para la integridad de los equipos sensibles al interior de las instalaciones. Ocasionalmente se presenta por cortes del fluido eléctrico o por deficiencias de los equipos propios de la distribución de energía. El resultado del análisis de riesgo corresponde a **2D (Bajo)**.

Tabla 6. Evaluación Riesgo 1

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Ausencia suministro por Evento o efecto (ej: Daño perecederos)			Ausencia de Electricidad (al) o (en) Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			SSFV Central de Generación Falla Generador			
	Potencial	X	Real	FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E No ha ocurrido en el sector	D Ha ocurrido en el sector	C Ha ocurrido en la empresa	B Sucede varias veces al año en la empresa	A Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
	EVALUADOR: <u>Juan Carlos Noreña Varón</u> MP: <u>CL 205 - 44712</u> FECHA: <u>Octubre 30 de 2020</u>									

Fuente: RETIE 2013

### 9.2. Riesgo 2 – Contacto Directo e Indirecto

Un contacto indirecto puede ocasionarse por la pérdida de aislamiento de algún conductor energizado, impericia o fallas en los procedimientos de seguridad al realizar mantenimiento o maniobras en los tableros. En el proyecto, todos los conductores de Acometidas, Alimentadores y Circuitos ramales son aislados y cuentan con conductor de Puesta a Tierra, los elementos metálicos que hacen parte de las instalaciones eléctricas deben quedar Puestos a Tierra y se deben equipotencializar todos los elementos metálicos propios de la estructura del edificio. Con ello se garantizará que la ocurrencia



de un contacto directo o indirecto sea improbable y sus posibles efectos tengan gravedad baja. El resultado del análisis de riesgo corresponde a **3E (Bajo)**.

Tabla 7. Evaluación Riesgo 2

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Electrocución por Evento o efecto (ej: Quemaduras)			Contacto Directo/Indirecto (al) o (en) Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Conductores y Tableros Fuente (ej: Tablero Ppal - Equip.)			
	Potencial	X	Real	FRECUCENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
EVALUADOR: <u>Juan Carlos Noreña Varón</u> MP: <u>CL 205 - 44712</u> FECHA: <u>Octubre 30 de 2020</u>										

Fuente: RETIE 2013

Al momento de realizar mantenimiento o algún tipo de maniobra en los tablero o equipos, el personal debe informar al administrador o encargado, además debe contar con los EPP's adecuados y realizar una adecuada inspección y planificación, así como desenergizar totalmente los elementos y/o equipos a intervenir, previo a la realización de cualquier actividad.

### 9.3. Riesgo 3 – Arcos Eléctricos

Se origina por fallas del aislamiento, impericia del personal que manipula las instalaciones, son los causantes de la mayoría de los incendios de origen eléctrico.

En el proyecto para todas las salidas de circuitos ramales se deben instalar protecciones termo-magnéticas automáticas, con dispositivos de disparo para las máximas corrientes de cortocircuito permitido para cada caso.



Se deben utilizar conductores con buenas características de aislamiento y canalizaciones certificadas para todos los conductores que se utilizan en la instalación eléctrica del proyecto.

El resultado del análisis de riesgo corresponde a **3E (Bajo)**.

En caso de presentarse un cortocircuito, el personal debe informar al administrador o encargado, debe contar con los EPP's adecuados, desenergizar la instalación y realizar una adecuada inspección en busca de las posibles fallas, además debe planificar e implementar las acciones correctivas a que haya lugar, dejando la respectiva evidencia e informe de la situación. Las instalaciones deben ser recertificadas de forma periódica, según lo establezca el RETIE.

Tabla 8. Evaluación Riesgo 3

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Arcos Eléctricos por Evento o efecto (ej: Quemaduras)			Cortocircuito (al) o (en) Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Conductores Fuente (ej: Tablero Ppal - Equip.)			
	Potencial	X	Real	FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

EVALUADOR: Juan Carlos Noreña Varón MP: CL 205 - 44712 FECHA: Octubre 30 de 2020

Fuente: RETIE 2013



### 9.4. Riesgo 4 – Sobrecarga

Se presentan cuando la corriente supera los límites nominales del conductor, aparato o equipo, por aumentos de carga sin revisar la capacidad de la instalación, por conductores inapropiados, conexiones con malos contactos y por corrientes parásitas no consideradas en los diseños.

En el proyecto se emplean protecciones termo-magnéticas calculadas según norma NTC 2050. Los calibres de los conductores eléctricos están calculados de acuerdo a la carga de cada circuito, conductores certificados que cumplan con los requisitos que exige el RETIE.

El resultado del análisis de riesgo corresponde a **2D (Bajo)**.

Previa conexión de cargas nuevas o adicionales, debe ser evaluada la capacidad y cargabilidad de la instalación, por parte de personal calificado.

Debe evitarse al máximo, el uso de extensiones, multi-tomas y demás elementos que propicien la conexión de equipos y aparatos que puedan superar la capacidad amperimétrica de los conductores y las salidas instaladas.

Tabla 9. Evaluación Riesgo 4

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Incendio por			Sobrecarga (al) o (en)			Conductores			
	Evento o efecto (ej: Quemaduras)			Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Fuente (ej: Conductores - Tab			
Potencial	X	Real		FRECUENCIA						
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	E	D	C	B	A		
				No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa		
CONSECUENCIAS	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: Juan Carlos Noreña Varón MP: CL 205 - 44712 FECHA: Octubre 30 de 2020

Fuente: RETIE 2013



### 9.5. Riesgo 5 – Tensión de Paso y Contacto

Debido a fallas de aislamiento en conductores energizados, descargas atmosféricas, violación de distancias de seguridad y áreas restringidas, fallas a Tierra o retardo en el despeje de éstas últimas, se pueden inducir en una persona, tensiones de paso y/o contacto que pueden ocasionar en ella lesiones de diversa gravedad según las protecciones dispuestas o hasta la muerte.

El resultado del análisis de riesgo corresponde a **4D (Medio)**.

Tabla 10. Evaluación Riesgo 5

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Electrocución por			Tensión de Paso / Contacto			Partes metálicas			
	Evento o efecto (ej: Quemaduras)			Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Fuente (ej: Tablero Ppal - Equip.)			
Potencial	X	Real		FRECUENCIA						
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	E	D	C	B	A		
				No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa		
CONSECUENCIAS	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
	EVALUADOR : <u>Juan Carlos Noreña Varón</u> MP : <u>CL 205 - 44712</u> FECHA : <u>Octubre 30 de 2020</u>									

Fuente: RETIE 2013

En el proyecto se ejecutarán una serie de acciones para minimizar este factor de riesgo, como la implementación de un Sistema de Puesta a Tierra que logre drenar las corrientes de falla, la equipotencialización de todas las estructuras metálicas a la Puesta a Tierra, restringir el acceso a los tableros y equipos sólo para personal capacitado, establecimiento de las distancias de seguridad recomendadas por RETIE, entre otras, para reducir al mínimo el riesgo probable de inducción de dicho tipo de tensiones y sus efectos, todo ello a fin de dar cumplimiento a la Normatividad vigente y garantizar la mitigación de riesgos y sus consecuentes efectos.



Debe realizarse mantenimiento preventivo al sistema de puesta a tierra, consistente en la medición periódica (al menos dos (2) veces por año), de la resistencia de puesta a tierra, a fin de verificar su efectividad y plantear las acciones a desarrollar para prevenir su deterioro o definir la necesidad de reemplazarla.

### 9.6. Riesgo 6 – Cortocircuito

Los defectos eléctricos provocan fallos de aislamiento de las instalaciones, o fallos en los receptores conectados, por avería o conexión incorrecta, también pueden ser provocados por causas atmosféricas (descargas atmosféricas, vientos muy fuertes que acerquen conductores aéreos desnudos, humedad elevada). También pueden ser de origen mecánico (ruptura de conductores o de aislantes, caída de árboles o ramas sobre líneas eléctricas, etc.), así como también por impericia del personal que manipula las instalaciones.

El resultado del análisis de riesgo corresponde a **3D (Medio)**.

Tabla 11. Evaluación Riesgo 6

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Electrocución por			Cortocircuito (al) o (en)			Conductores de			
	Evento o efecto (ej: Quemaduras)			Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Fuente (ej: Tablero Ppal)			
Potencial	X	Real		FRECUENCIA						
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	E	D	C	B	A		
				No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa		
CONSECUENCIAS	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: Juan Carlos Noreña Varón MP: CL 205 - 44712 FECHA: Octubre 30 de 2020

Fuente: RETIE 2013



Para mitigar el riesgo de electrocución y fallos por cortocircuito se instalaron en el proyecto interruptores automáticos y cortacircuitos fusibles de acuerdo a las necesidades de cada circuito y calculados según la normatividad vigente. Por otro lado, todas las acciones preventivas o correctivas que se realicen en las instalaciones eléctricas deben ser llevadas a cabo por personal capacitado para dichas tareas.

### 9.7. Riesgo 7 - Electricidad estática

Se origina cuando hay una acumulación de cargas eléctricas en un objeto o superficie, esta acumulación puede producir una descarga eléctrica cuando dicho objeto o superficie se pone en contacto con otro. Supone un riesgo considerable cuando por efecto de una descarga electrostática se produce una chispa en un ambiente explosivo.

El resultado del análisis de riesgo corresponde a **2E (Bajo)**.

Tabla 12. Evaluación Riesgo 7

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Explosiones o chispas			Electricidad estática (al) o (en)			Superficies expuestas			
	Evento o efecto (ej: Quemaduras)			Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Fuente (ej: Tablero Ppal)			
Potencial	X	Real		FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

EVALUADOR : Juan Carlos Noreña Varón    MP : CL 205 - 44712    FECHA : Octubre 30 de 2020

Fuente: RETIE 2013

Para minimizar los efectos de la electricidad estática, se instalará en el proyecto un Sistema de Puesta a Tierra que drena las posibles corrientes de fuga y da un camino a



tierra a todas las cargas eléctricas, además todas las partes metálicas expuestas estarán debidamente equipotencializadas.

### 9.8. Riesgo 8 – Equipo defectuoso

Los equipos defectuosos representan un riesgo considerable en las instalaciones ya que pueden desencadenar accidentes por mal funcionamiento, falta de mantenimiento o mala manipulación. Los equipos que han alcanzado el límite de su vida útil o que no han sido transportados adecuadamente también pueden ocasionar fallas en los sistemas eléctricos.

El resultado del análisis de riesgo corresponde a **2E (Bajo)**.

Tabla 13. Evaluación Riesgo 8

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Fallos Generales por			Equipos Defectuosos (al) o (en)			Equipos Energizados			
	Evento o efecto (ej: Quemaduras)			Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Fuente (ej: Tab P pal - Equipos)			
Potencial	X	Real		FRECUENCIA						
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
					No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa	
CONSECUENCIAS	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
	EVALUADOR: <u>Juan Carlos Noreña Varón</u> MP: <u>CL 205 - 44712</u> FECHA: <u>Octubre 30 de 2020</u>									

Fuente: RETIE 2013

Todos los materiales y equipos utilizados cumplen con los requerimientos técnicos según la normatividad vigente de modo que se garantice el buen funcionamiento de la instalación.





Las recomendaciones generales para el proyecto, son el mantenimiento periódico de los equipos e instalaciones, la revisión periódica del estado de los componentes del sistema eléctrico, así como las buenas prácticas de manejo de las instalaciones y equipos.

### 9.9. Riesgo 9 – Rayos:

Las descargas atmosféricas propias de la ubicación del proyecto y sus condiciones climáticas pueden convertirse en un factor de riesgo cuando se presentan fallas en el diseño, construcción, operación o mantenimiento de los sistemas de protección.

El resultado del análisis de riesgo corresponde a **3D (Medio)**.

Tabla 14. Evaluación Riesgo 9

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Incendio o explosión por Evento o efecto (ej: Quemaduras)			Rayos Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Equipos Energizados Fuente (ej: Est. panel)			
	Potencial	X	Real	FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

EVALUADOR: Juan Carlos Noreña Varón MP: CL 205 - 44712 FECHA: Octubre 30 de 2020

Fuente: RETIE 2013

Para mitigar los riesgos asociados a este factor, para el sistema de instalarán protecciones contra sobretensiones y transitorios que propenderán por la protección de los equipos instalados y las personas.



## 10. Distancias de Seguridad.

Para el proyecto se tienen en cuenta las distancias de seguridad recomendadas por el RETIE, teniendo en cuenta que el tipo de solución a instalar contiene en su mayoría equipos con tensiones y corrientes en Corriente Directa (DC) pero que aun así pueden verse como factores de riesgo para las personas o equipos.

El Sistema Solar Fotovoltaico Aislado se deberá instalar a una distancia no menor a 3 metros de cualquier construcción en la que se encuentren personas o animales, garantizando así: *“Distancia horizontal “b” a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. Tensión nominal entre fases menor a 1 kV: 1,7 metros”*.

## 11. Sistema de Puesta a Tierra

La metodología para la medición de la resistividad y los cálculos para el sistema de puesta a tierra para los SSFV, se presentan en el Anexo 13A.

## 12. Diagrama Unifilar y Plano

Como anexos al presente documento, se encuentra plano con diagrama unifilar, cálculos técnicos.

## 13. Conclusiones y recomendaciones

### 13.1. Conclusiones

- Luego de realizar el análisis de alternativas, se concluye que la mejor solución energética para los usuarios de este proyecto son los Sistemas Solares Fotovoltaicos Individuales, ya que la lejanía de los usuarios respecto de las redes de distribución de la zona, hace que se vea comprometida la sostenibilidad de los proyectos.
- La regulación de tensión con los SSFVI es la mejor esperada, pues el kit de generación se instalará en el mismo predio del usuario.
- La implementación de estas soluciones permitirá cerrar la brecha de necesidad de energía que se presenta en esta zona del país.
- La selección de equipos, fue realizada con base en la disponibilidad comercial a corto plazo y su precio por unidad de potencia comparativa.



## 13.2. Recomendaciones

- Al momento de la instalación de los kits de generación en los predios de los usuarios, se les debe brindar una capacitación sobre el funcionamiento, manejo y riesgos de este tipo de sistemas.
- De igual forma, se les debe brindar una capacitación en el Uso Racional de la Energía para que los beneficios de la implementación de estos sistemas sean más duraderos y para que no sobrepasen los niveles de carga que se calcularon para el diseño de la solución.

## 14. Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas con las que se diseñó este proyecto son las que el IPSE requiere para todos los proyectos de energía solar que implementa. Se siguen las recomendaciones del documento “Anexo Técnico General – rev SPE.pdf” del IPSE.

### 14.1. Replanteo de Obra

La labor de replanteo de obra consiste en la ubicación, mediante herramientas de geoposicionamiento y planimetría oficial del municipio, los usuarios que se encuentran en el Listado de Usuarios.

Se debe verificar la existencia del usuario encuestado, la existencia de la vivienda y que se den las condiciones mínimas para instalar el SSFV y las instalaciones internas en la vivienda.

Para esta actividad es necesario contar con un GPS calibrado, el listado de usuarios y como soporte, si es posible, la planimetría del municipio.

Si el usuario que se verifica ya no existe o ya no cumple con las condiciones para ser beneficiario del SSFV, se deben buscar otros usuarios que cumplan las condiciones para completar el número de usuarios del proyecto.



## 14.2. Suministro, transporte e instalación Inversor onda pura

### 14.2.1. Tipo 1 1250 VA/1000 W, 24Vdc/120VAC

Inversor 1000W - 24 VDC/120VAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Onda senoidal pura</li> <li>*Eficiencia mínima del 92% a potencia nominal</li> <li>*Garantía mínima: 2 años</li> <li>*Temperatura de trabajo: -20 a 60 °C</li> <li>*Clase protectora: mínimo IP20 o superior</li> <li>*Distorsión THD: menor a 3%</li> <li>*Tensión AC de salida: 120AC+- 3%, 60Hz</li> <li>*Potencia de salida constante</li> <li>*Protecciones asociadas (contra cortocircuitos del 100%, contra exceso de temperatura, contra inversión de polaridad, contra sobre descargas)</li> <li>*Acoplable al controlador de carga solar en sus variables eléctricas y electrónicas</li> <li>*Debe garantizar la protección de la batería y su desconexión al llegar a la profundidad de descarga de diseño evitando el ciclaje de la misma en valores por debajo de la profundidad de descarga.</li> </ul>
--------------------------------	---

### 14.2.2. Tipo 2 1200 VA/1500 W, 24Vdc/120VAC

Inversor 1500W - 24 VDC/120VAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Onda senoidal pura</li> <li>*Eficiencia mínima del 90% a potencia nominal</li> <li>*Garantía mínima: 2 años</li> <li>*Temperatura de trabajo: -20 a 60 °C</li> <li>*Clase protectora: mínimo IP20 o superior</li> <li>*Distorsión THD: menor a 3%</li> <li>*Tensión AC de salida: 120AC+- 3%, 60Hz</li> <li>*Potencia de salida constante</li> <li>*Protecciones asociadas (contra cortocircuitos del 100%, contra exceso de temperatura, contra inversión de polaridad, contra sobre descargas)</li> <li>*Acoplable al controlador de carga solar en sus variables eléctricas y electrónicas</li> <li>*Debe garantizar la protección de la batería y su desconexión al llegar a la profundidad de descarga de diseño evitando el ciclaje de la misma en valores por debajo de la profundidad de descarga.</li> </ul>
--------------------------------	---

Se trata de un dispositivo, cuya finalidad es la de adaptar las propiedades de la corriente eléctrica generada o acumulada a las de la corriente eléctrica requerida total o parcialmente por los consumos. El inversor debe incorporar un circuito de arranque automático que detecte cuándo se conecta un consumo.



Mientras se encuentre en estado de espera y no esté alimentando ninguna carga, el inversor consume muy poca energía. Se activa cuando detecta algún consumo por encima de un valor prefijado y una vez finalizada la demanda de energía, se detiene quedando de nuevo en espera.

Los inversores son convertidores electrónicos de potencia que convierten la tensión DC en AC. Existen en el mercado inversores monofásicos (tipo semipunte, puente y push-pull) y trifásicos (tipo puente trifásico). El control se puede realizar en onda cuadrada, control de fase (cancelación de tensión) y control PWM senoidal (bipolar y unipolar). Las ondas (desde cuadrada a escalonada asemejándose a senoidal, en función del tipo de inversor) se obtiene controlando el tiempo de conducción de los dispositivos de potencia del puente (MOSFET, IGBT's, etc.). En el caso de onda senoidal la tensión obtenida se pasa por filtros L-C para dejar únicamente el primer armónico.

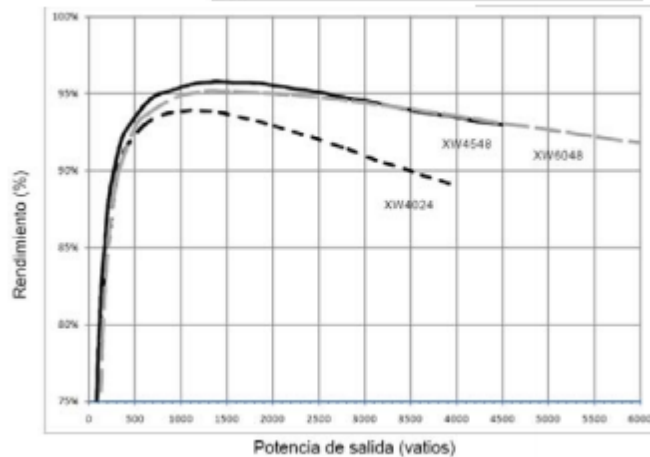
Características de los inversores:

- Tensiones nominales de entrada y salida. Muchos inversores se pueden adaptar a un gran rango de tensiones DC de entrada y la tensión de salida corresponde a la nominal en AC de (120/240 Vrms).
- Potencia nominal aparente (VA): Potencia aparente que es capaz de suministrar indefinidamente. La potencia activa nominal de un inversor es válida sólo si la carga tiene un factor de potencia igual a 1. Si el factor de potencia es menor, el inversor no puede suministrar toda la potencia activa nominal, manteniéndose la aparente. Por lo tanto, es más correcto hablar de potencia nominal aparente. Los inversores suelen tener la capacidad de suministrar picos de corta duración del 300 o 400% de la potencia nominal.
- Eficiencia: Actualmente se toman dos datos para la determinación de la eficiencia: la máxima que se adopta en Norteamérica y la ponderada (el valor promedio de toda la característica de rendimiento del inversor) que es de uso obligado en Europa. Se busca que este parámetro deba ser lo más elevado posible para todo el rango de potencias de salida. En la siguiente figura se muestra la curva de eficiencia de un inversor.



Figura 34. Curva de eficiencia para un inversor

**Curva de eficiencia para un inversor comercial**



Fuente: Anexo Técnico IPSE

Existen ciertas características que deben poseer los inversores:

- Estabilidad de tensión: la tensión de salida debe ser lo más estable posible, independientemente de la carga y de la tensión de entrada.
- Baja distorsión armónica: La distorsión armónica da la idea de lo que se asemeja a una onda de forma senoidal. Los mejores inversores en este sentido corresponden a inversores de onda senoidal pura.
- Capacidad para resistir potencia punta: En situaciones como los arranques de motores, la potencia en los primeros instantes puede ser muy elevada (varias veces la nominal). El inversor debe ser capaz de suministrar estos picos.
- Posibilidad de ser combinado en paralelo: En el caso que se desee ampliar la instalación, deberá ponerse otro inversor en paralelo. Cuando varios trabajan en paralelo suelen tener una relación maestro esclavo.

Características mínimas garantizadas de los inversores

Para el presente proyecto, los inversores, sin importar su capacidad, deberán cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

- Forma de onda: Senoidal pura
- Incorporar rearme y desconexión automáticas cuando no se esté empleando ningún equipo de corriente alterna.
- Tensión DC de entrada: 12 Vdc, 24 Vdc Rango variable
- Eficiencia mínima del 92% a potencia nominal
- Garantía mínima: 2 años
- Temperatura de trabajo: -40 a 60 °C



- Clase protectora: mínimo IP20 o superior (instalación al interior).
- Distorsión THD: menor a 3%
- Tensión AC de salida: 120AC+/- 3%, 60Hz
- Potencia de salida constante
- Protecciones asociadas (contra cortocircuitos del 100%, contra exceso de temperatura, contra inversión de polaridad, contra sobre descargas)
- Acoplable al controlador de carga solar en sus variables eléctricas y electrónicas
- Debe garantizar la protección de la batería y su desconexión al llegar a la profundidad de descarga de diseño evitando el ciclaje de la misma en valores por debajo de la profundidad de descarga.
- El inversor debe cumplir con todas las exigencias concernientes a corriente alterna y continua residual RCD, de acuerdo con la Norma DIN VDE 0126 o equivalente, de modo que se desconecte el módulo solar en caso de mal funcionamiento.
- Deberá estar equipado con un puerto de comunicaciones que permita la conexión a futuro de un equipo externo u ordenador para monitorización de parámetros eléctricos.

Normatividad aplicable a los inversores en sistemas aislados:

Los inversores deberán cumplir con la normatividad existente para estos elementos y contar con las certificaciones de producto en los casos que proceda. Las normas aplicables a los inversores serán las siguientes:

- IEC 62109-1: Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements (Seguridad de los convertidores de potencia para uso en sistemas de energía fotovoltaica. Parte 1. Requisitos generales).
- IEC 62109-2: Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters (Seguridad de los convertidores de potencia para uso en sistemas de energía fotovoltaica. Parte 2. Requisitos particulares para inversores).
- IEC 61727. Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface (Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características de la interface con la red en el punto de conexión) para inversores de sistemas fotovoltaicos de potencias  $\leq 10$  kVA, utilizados en instalaciones residenciales o similares monofásicas o trifásicas o que se conecten a la red de distribución a BT.
- UL1741. Standard for inverters, converters, controllers and interconnection system equipment for use with distributed energy resources.
- NTC2183: 2014 Artefactos electrodomésticos y similares. Seguridad. Parte 1: Requisitos Generales, adoptada de la norma IEC 60335-1:2010 Household and similar electrical appliances - Safety - Part 1: General requirements, incluida su Adenda 1:2013.



### 14.3. Suministro, transporte e instalación Controlador de Carga

#### 14.3.1. Controlador de carga MPPT 40A - 145/24-12 V

Controlador de carga MPPT 40 A - 24 VDC	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Eficiencia: mayor o igual a 95%</li> <li>*Compatible con baterías LiFePO4</li> <li>*Temperatura de trabajo: -20 a 60 °C</li> <li>*Clase protectora: mínimo IP20 o superior</li> <li>*Garantía mínima: 2 años</li> <li>*Desconexión de carga en función de la corriente y reconexión automática</li> </ul>
---	---

#### 14.3.2. Controlador de carga MPPT 50A - 145/24-12 V

Controlador de carga MPPT 50 A - 24 VDC	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Eficiencia: mayor o igual a 99%</li> <li>*Compatible con baterías LiFePO4</li> <li>*Temperatura de trabajo: -20 a 60 °C</li> <li>*Clase protectora: mínimo IP20 o superior</li> <li>*Garantía mínima: 2 años</li> <li>*Desconexión de carga en función de la corriente y reconexión automática</li> </ul>
---	---

La principal misión del controlador es la de regular o dosificar la corriente eléctrica que absorbe o cede (en corriente continua) el acumulador o batería de acumuladores. Vigilando el ciclo de carga y descarga, desarrolla un papel fundamental en la gestión de una instalación fotovoltaica autónoma, proporcionando así el control que día a día se necesita. El controlador siempre es recomendable para la seguridad y protección del sistema de acumulación, y en la casi totalidad de las ocasiones es de utilización obligatoria.

Su labor consiste en evitar sobrecargas y sobre descargas en las baterías. Si la batería se encuentra llena, pero el panel recibe radiación, éste intentará inyectar energía en la batería sobrecargándola, para evitarlo el controlador entra en acción desconectando la inyección de energía a la batería. Y en el caso contrario, si la batería está baja de carga y se intenta seguir extrayendo energía, el controlador corta el suministro de energía a la carga protegiendo así la batería.

El controlador de carga permite optimizar la cantidad de energía que se entrega a las baterías, controla la profundidad de descarga, evita la sobrecarga (evitando la gasificación) y desconecta los consumos en caso de descarga excesiva (evitando la estratificación del electrolito y la sulfatación). Esto permite alargar la vida de las baterías.





Entre los distintos controladores se pueden encontrar algunos básicos como la de conexión entre panel, batería y carga, hasta sistemas que pueden monitorearse remotamente. Asimismo, varían las capacidades de regulación desde 6A hasta más de 200A.

El controlador de carga tiene la misión de regular la corriente que es absorbida por las baterías con el fin de que en ningún momento pueda sobrecargarse peligrosamente, pero al mismo tiempo evitando en lo posible que se deje de aprovechar la energía sobrante de los generadores. El controlador debe controlar la tensión, que será un indicador del estado de carga de las baterías y, si éste llega a un valor previamente establecido correspondiente a la tensión máxima admisible, actuar de forma que impida que la corriente siga fluyendo hacia la batería. También desconecta la carga si el estado de carga decae por debajo del mínimo admisible.

Sus características más importantes son:

- Tensión nominal: Igual a la del bus D.C.: usualmente 12, 24V, o un rango de voltajes admisibles por el controlador en modo MPPT.
- Intensidad máxima que permite que circule a través de él: en el caso de existir generador fotovoltaico debe ser al menos un 30% mayor a la máxima corriente del generador fotovoltaico, puesto que en ocasiones (días con nubes rodeando el Sol) la irradiancia puede llegar a superar los 1300W/m<sup>2</sup>.
- Valores de tensión de corte por alta (sobrecarga) y tensión de corte por baja (sobre descarga).
- Compensación con la temperatura. Las tensiones que indican el estado de carga de la batería varían con la temperatura, por eso algunos reguladores miden la temperatura y corrigen, basándose en ello, las tensiones de sobre descarga, la forma de evitar la sobrecarga se basa en desconectar las baterías de las fuentes con las que se están cargando.

Esta desconexión puede realizarse de dos maneras, las cuales dan lugar a los controladores tipo serie, paralelo o con seguimiento de máxima potencia.

Características mínimas garantizadas de los controladores de carga:

Para el presente proyecto, los controladores, sin importar la capacidad de carga, deberán cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

- Tipo de controlador: Seguidor de punto de máxima potencia MPPT
- Eficiencia: superior al 95%
- Sistema: 12 Vdc, 24Vdc en todo caso compatible con baterías de Litio – FePo<sub>4</sub>
- Temperatura de trabajo: -40 a 60 °C
- Clase protectora: mínimo IP20 o superior
- Idioma: Inglés o español



- Garantía mínima: 2 años
- Desconexión de carga en función de la corriente y reconexión automática
- La carcasa del controlador tiene que ir debidamente conectada a tierra.

Normatividad aplicable a los Controladores de carga: Los controladores deberán cumplir con la normatividad existente para estos elementos y contar con las certificaciones de producto en los casos que proceda. Las normas aplicables a los controladores serán las siguientes:

- IEC 60950-1: 2005 Information technology equipment - Safety - Part 1: General requirements
- NTC 2540:1997 Fuentes de Potencia Estabilizadas, Salida C.A.
- NTC 1337:2004. Interruptores para Instalaciones Eléctricas Fijas Domésticas y Similares. Requisitos Generales
- IEC 62109-1:2010 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements
- NTC2183: 2014 Artefactos electrodomésticos y similares. Seguridad. Parte 1: Requisitos Generales, adoptada de la norma IEC 60335-1:2010 Household and similar electrical appliances - Safety - Part 1: General requirements, incluida su Adenda 1:2013.
- NTC6016: 2013 Controladores de carga de batería para instalaciones fotovoltaicas. Comportamiento y rendimiento, adoptada de la norma IEC 62509:2010 Battery charge controllers for photovoltaic systems - Performance and functioning.
- IEC 60730-1: 2013, "Automatic electrical controls - Part 1: General requirements", adoptada bajo la NTC 4982 – Dispositivos de control automático para uso doméstico y análogo parte 1: Requisitos generales.
- IEC 60730-2-11:2006, "Automatic electrical controls for household and similar use - Part 2-11: Particular requirements for energy regulators", adoptada bajo la NTC 5818 "Dispositivos de control eléctrico automático para uso doméstico y análogo. Requisitos particulares para reguladores de energía
- IEC 61683-2001 Photovoltaic systems - Power conditioners - Procedure for measuring efficiency, adaptada bajo la NTC5759, 2010 sobre Sistemas Fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116: Utility interconnected photovoltaic inverters - Test Procedure for islanding prevention measures for Utility connected photovoltaic inverters
- IEC 61000-3-3 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-3: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current  $\leq 16$  A per phase and not subject to conditional connection.
- IEC/TS 61000-3-4 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-4: Limits - Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A



- IEC/TS 61000-3-5 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-5: Limits - Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 75 A

#### 14.4. Suministro, transporte e instalación de (1) Batería estacionaria LiFePO4

##### 14.4.1. Batería estacionaria LiFePO4 de 120 Ah – 25.6 Vdc, 3650 ciclos al 80% de descarga

Batería LiFePO4 25.6V-120 Ah	<ul style="list-style-type: none"> <li>*3650 ciclos teóricos o superior hasta un 80% de DOD</li> <li>*Protección por temperatura, subtensiones y sobretensiones (BMS)</li> <li>*DOD hasta 100%</li> <li>*25.6 Vdc</li> <li>*Garantía mínima de 5 años</li> <li>*Tasa de auto descarga: menor al 10% mensual (25°C)</li> </ul>
------------------------------	---

##### 14.4.2. Batería estacionaria LiFePO4 de 200 Ah – 25.6 Vdc, 3650 ciclos al 80% de descarga

Batería LiFePO4 25.6V-200 Ah	<ul style="list-style-type: none"> <li>*3650 ciclos teóricos o superior hasta un 80% de DOD</li> <li>*Protección por temperatura, subtensiones y sobretensiones (BMS)</li> <li>*DOD hasta 100%</li> <li>*25.6 Vdc</li> <li>*Garantía mínima de 5 años</li> <li>*Tasa de auto descarga: menor al 10% mensual (25°C)</li> </ul>
------------------------------	---

En las instalaciones solares fotovoltaicas, los módulos solares fotovoltaicos, una vez instalados, siempre se encuentran disponibles para generar electricidad. Sin embargo, la radiación solar recibida se presenta variable, debido al ciclo de los días y las noches, nubosidades, tormentas, efectos climáticos diversos, etc. Por lo tanto, muchas veces la energía que una instalación fotovoltaica entrega difiere, por exceso o por defecto, de la que demandan los consumos conectados a ella. Y en la mayoría de los casos, para suplir la demanda energética, se hace necesario almacenar energía cuando la producción es superior a la demanda, y así poder ser utilizada cuando es requerida.

La batería almacena carga eléctrica, siendo capaz de transformar la energía potencial química en energía eléctrica, y cumple las siguientes funciones:

- Es capaz de suministrar energía siempre que posea carga independientemente de la producción eléctrica de los módulos fotovoltaicos en ese momento.
- Mantiene un nivel de voltaje estable, dentro de un cierto rango independientemente del generador fotovoltaico.



- Puede suministrar una potencia superior a la que el generador solar podría entregar en diferentes circunstancias.

A su vez, presenta algunos inconvenientes:

- Almacenar carga eléctrica en baterías siempre conlleva una pérdida energética, y siempre se debe tener una energía remanente en las baterías para evitar daños en el sistema.
- Cuanto mayor uso se le dé a la batería, más pronto se llegará al final de su vida útil, puesto que esta depende de los ciclos de carga y descarga.

Las baterías más utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas o híbridas son de 2, 6, 12 o 24Vdc de tensión nominal.

Parámetros de la batería.

A continuación, se indican los parámetros más relevantes de las baterías que son de interés para su uso en sistemas de generación solar fotovoltaica:

**Capacidad nominal (Cn):** Es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperios-hora (Ah) para un determinado tiempo de descarga.

**Régimen de descarga:** es el número de horas que la batería puede suministrar una cierta corriente hasta que se descarga completamente.

Los fabricantes suelen indicar la capacidad para regímenes de 100, 20 y 10 horas, que corresponden a unas capacidades que se expresan mediante C100, C20 y C10 (Ah) respectivamente. Por ejemplo, si una batería posee una capacidad C100 =1200Ah para un régimen de descarga de 100 horas, esto quiere decir que se descargará en 100 h suministrando una corriente permanente I100 =12A.

**Tensión:** Las baterías poseen una tensión nominal que suele ser de 2, 6, 12 o 24 Voltios, aunque la tensión varía durante los distintos procesos de operación. Un importante parámetro es la tensión de carga, que se define como la tensión necesaria para vencer la resistencia que opone el acumulador a ser cargado. Una batería de 12Vdc de tensión nominal, en función de su estado de carga, puede presentar algunos voltios por encima o por debajo de dicho valor.

Al conectar el generador fotovoltaico a la batería, la tensión viene determinada por ésta, por lo que la curva  $I = f(V)$  del generador fotovoltaico determinará la corriente que éste suministre. Por ejemplo, para cargar correctamente una batería de 12V son necesarios unos 14.5Vdc, por ello los paneles fotovoltaicos suelen ser capaces de proporcionar un voltaje superior y así se asegura la carga en un amplio margen de funcionamiento (margen de seguridad).



- Resistencia interna: Formada por la resistencia óhmica de sus componentes (terminales, electrodos, soportes y electrolito) y por una resistencia virtual variable en función del estado de carga y de las distintas polarizaciones y concentraciones, aumenta con las bajas temperaturas, con la descarga de la batería y el envejecimiento.
- Profundidad de descarga (Depth of Discharge, DOD): Es el valor, en tanto por ciento, de la energía que se ha extraído de un acumulador plenamente cargado en una descarga. Por ejemplo, una batería de 100 Ah sometida a una descarga de 20 Ah, correspondería a una profundidad de descarga del 20%. Es posible que se produzcan descargas superficiales (de menos del 20%) o profundas (hasta el 80%). La profundidad de descarga máxima (DODmax) es el valor en tanto por ciento de energía que se puede extraer sin dañar la batería. La capacidad útil de la batería, Cútil (Ah que se pueden suministrar realmente) es:

$$C_{\text{útil}} = C_n * DOD_{\text{max}}$$

- Estado de carga (State of Charge, SOC): Es el valor, habitualmente en tanto por ciento, de la carga eléctrica que tiene acumulada en un momento dado la batería. Cuando la batería está completamente cargada el SOC es el 100%. Si, por ejemplo, una batería de 100 Ah de capacidad nominal presenta una carga de 84 Ah, entonces el SOC es del 84%. Como se ha comentado, las baterías no deben ser descargadas completamente para prolongar su vida útil, por lo que los fabricantes suelen recomendar no bajar de un determinado SOC (estado de carga mínimo, SOCmin que suele estar en torno al 30% o 40%) para no dañar las baterías por excesiva descarga y prolongar así su vida útil. Se cumple que:

$$SOC_{\text{min}} = 100 - DOD_{\text{max}}$$

$$C_{\text{útil}} = C_N * (100 - SOC_{\text{min}})$$

La tensión de las baterías disminuye con el estado de carga. No obstante, la mejor indicación del estado de carga la proporciona la densidad del electrolito. La medición de la densidad se realiza mediante densímetros, que utilizan el principio de Arquímedes. Para baterías completamente cargadas la densidad se encuentra entre 1,2 y 1,28 g/cm<sup>3</sup>. Esto equivale a una tensión interna de la batería entre 2,04 y 2,12V, ya que con la batería en circuito abierto durante unas horas se puede aplicar la fórmula (para baterías de 2V):

$$V_{bi} = \rho (g/cm^3) + 0,84$$

- Vida útil: Se considera que las baterías finalizan su vida útil cuando su capacidad se ha reducido al 80% del valor original. Las baterías tienen una vida flotante entre 5 y 12 años. Las condiciones de operación pueden dar lugar a la sulfatación del electrodo negativo, la corrosión del electrodo positivo, la gasificación, la estratificación del electrolito y otros



problemas de envejecimiento que pueden acortar significativamente la vida útil de las baterías. En general los regímenes de carga/descarga que realice una batería determinan en la mayor parte de los casos su vida útil. El número de ciclos de carga/descarga (Cycles to Failure, CF) que puede realizar una batería hasta finalizar su vida útil dependen de la profundidad de descarga (DOD) de dichos ciclos.

#### Características mínimas garantizadas de las baterías.

Para el presente proyecto, las baterías, sin importar su capacidad, deberán cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

- Ciclos de la batería: 3650 ciclos teóricos o superior hasta un 90% de DOD para baterías de Litio – FePO<sub>4</sub>. Para baterías de litio, deben contar obligatoriamente con BMS (Battery Management System) que incluya protección por temperatura, protección por subtensiones y sobretensiones y que se pueda comunicar directamente con el controlador de carga para gestionar estos parámetros.
- Profundidad máxima de descarga: hasta el 100% para baterías de Litio FEPO<sub>4</sub>
- Tipo de batería: Para horizontes de 10 años sin reposición se utilizarán baterías de Litio – FEPO<sub>4</sub> selladas, libres de mantenimiento
- Que sean de aplicación para su uso en sistemas solares.
- Tensión nominal DC del sistema 12 Vdc, 24Vdc, o el voltaje que establezca el fabricante para el caso de baterías de Litio FePo<sub>4</sub>.
- Tensión nominal DC batería: 12Vdc, 6Vdc o 2Vdc o el voltaje que establezca el fabricante para el caso de baterías de Litio FePo<sub>4</sub>.
- Selladas y libres de mantenimiento.
- Garantía mínima: 5 años para baterías de Litio FEPO<sub>4</sub>
- Tasa de auto descarga: 3% mensual (máximo) 25°C y en todo caso inferior al 10% para baterías de Litio – FePo<sub>4</sub>.

#### Normatividad aplicable a las baterías.

Las baterías deberán cumplir con la normatividad existente para estos elementos y contar con las certificaciones de producto en los casos que proceda. La normatividad mínima para la selección de las baterías comprende:

- IEC 60896-11. Requisitos generales y métodos de ensayo de baterías plomo-ácido tipo ventiladas.
- IEC 60896-21. Esta última norma titulada: Stationary lead-acid batteries - Part 21: Valve regulated types - Methods of test, NO CUBRE las baterías de ácido-plomo regulada por válvula (libres de mantenimiento) utilizadas en sistemas fotovoltaicos Requisitos generales y métodos.
- IEC 61056-1. Requisitos generales y características funcionales para baterías VRLA (batería de ácido-plomo regulada por válvula) portátiles. Métodos de ensayo y su equivalente JIS C-8702-1.



- IEC 60896-1. Requisitos generales y métodos de ensayo de baterías plomo-ácido tipo ventiladas.
- IEC 61427-1: Secondary cells and batteries for renewable energy storage - General requirements and methods of test - Part 1: Photovoltaic off-grid application y IEC 61427-2: Secondary cells and batteries for renewable energy storage - General requirements and methods of test - Part 2: On-grid applications; las cuales si cubren en su totalidad las baterías utilizadas en sistemas fotovoltaicos. Idéntica la NTC 5287 de 2009 sobre Celdas secundarias y baterías para sistemas solares fotovoltaicos
- IEC 61056-1. Requisitos generales y características funcionales para baterías VRLA plomo-ácido portátiles. Métodos de ensayo, y su equivalente en el sistema japonés de normas JIS C-8702-1.
- IEC 62133-1:2017 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications - Part 1: Nickel systems
- IEC 62133-2:2017 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for portable sealed secondary lithium cells, and for batteries made from them, for use in portable applications - Part 2: Lithium systems
- UL 62133:2017 Secondary Cells and Batteries Containing Alkaline or Other Non-Acid Electrolytes - Safety Requirements for Portable Sealed Secondary Cells, and for Batteries Made From Them, for Use in Portable Applications
- CAN/CSA-C22.2 NO. 62133:17 - Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications (Binational standard with UL 62133)
- BS EN 62133:2013 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications

### 14.5. Suministro, transporte e instalación Gabinete y Protecciones

Gabinete metálico para alojar los elementos del sistema.	Gabinete Metálico De Dimens. Aprox. 70X80X40 Cms. (Alto X Ancho X Profundo) Fabricado En Lamina Cold Rolled Calibre 18 - Uso Interior. Con Perforación Circular En Los Laterales Para Disipación De Calor, Y Base Metálica De Acuerdo A Diseño Capaz De Soportar El Peso De La Batería
--	--

El grado de protección de los gabinetes deberá dar cumplimiento de las normas NTC2050, RETIE y de protección en caso de quedar a la intemperie. Para gabinetes en interiores se aplicará una IP adecuada para uso interior sin exposición a chorro directo de agua. Todos los componentes como baterías, inversor, controlador, se instalarán en gabinetes debidamente protegidos para el caso de las viviendas y escuelas similares por su tamaño. Para el caso de instalaciones en instituciones diferentes a viviendas se



instalarán gabinetes especiales para las baterías de tal manera que se evite el contacto o acceso por parte de personal no autorizado y los inversores y controladores se instalarán en lugares no accesibles a personal no autorizado, debidamente resguardados de la intemperie y en ambientes apropiados, siguiendo la normatividad técnica aplicable.

Los armarios deben ser auto soportados y su acabado debe ser en pintura electrostática con tratamiento de anticorrosivo para resistencia a trópico (si es metálico). Todas las puertas deberán abrir únicamente en sentido lateral mínimo 120° respecto a la sección horizontal superior del armario, deben poseer una agarradera que facilite su accionamiento y las bisagras deberán ser galvanizadas, cromadas, niqueladas o ser fabricadas en acero inoxidable, bronce o aluminio suficientemente fuertes para asegurar rígidamente la puerta de la estructura e instaladas sin que pierdan el recubrimiento protector.

El grado de protección que deberá tener la envoltura exterior de los armarios deberá ser como mínimo IP33 según Norma NTC 3279 (IEC 60529), es decir protegido contra cuerpos sólidos de diámetro o espesor superior a 2.5 mm y contra el agua que cae en forma de lluvia (ángulo inferior o igual a 60° respecto a la vertical).

Los armarios deberán estar debidamente marcados y cumplir con los requerimientos mínimos de seguridad definidos por el RETIE. Deberán cumplir con las siguientes características descritas además de las específicas:

- Aterrizado con una conexión directa al conductor de continuidad desnudo conectado sólidamente a tierra.
- Todas las perforaciones que tenga el tablero deberán estar debidamente protegidas y aisladas para evitar cortes en los cables.
- Marquillado en acrílico en cada uno de los elementos y compartimentos que lo integren.

## 14.6. Suministro, transporte e instalación de estructura de soporte para Módulos Solares Fotovoltaicos

### 14.6.1. Estructura de soporte para juego de (2) Módulos Solares Fotovoltaicos

Marco de la estructura de soporte para 2 módulos solares	*Marco en acero estructural galvanizado norma ASTM A36 dimensiones 1978mm+/-2 x 1984mm +/-2 *Tornillería galvanizada y accesorios de fijación galvanizados Grado 5.0
Tubo central de la estructura de soporte para 2 módulos solares	*Tubo de acero galvanizado S-275 JR *Diámetro 4" *Espesor 3mm *Longitud 3m





Base de la estructura de soporte para 2 módulos solares	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Platina de acero galvanizado norma ASTM A36 Medidas 200mm x 200mm x 10mm</li> <li>*Perno de acero galvanizado norma ASTM A36 roscado estándar, dimensiones 1/2" x 30 cm</li> <li>*Tuerca de apriete hexagonal para perno de 1/2".</li> </ul>
---	--

#### 14.6.2. Estructura de soporte para juego de (3) Módulos Solares Fotovoltaicos

Marco de la estructura de soporte para 3 módulos solares	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Marco en acero estructural galvanizado norma ASTM A36 dimensiones 1978mm+/-2 x 1984mm +/-2</li> <li>*Tornillería galvanizada y accesorios de fijación galvanizados Grado 5.0</li> </ul>
Tubo central de la estructura de soporte para 3 módulos solares	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Tubo de acero galvanizado S-275 JR</li> <li>*Diámetro 4"</li> <li>*Espesor 3mm</li> <li>*Longitud 3m</li> </ul>
Base de la estructura de soporte para 3 módulos solares	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Platina de acero galvanizado norma ASTM A36 Medidas 200mm x 200mm x 10mm</li> <li>*Perno de acero galvanizado norma ASTM A36 roscado estándar, dimensiones 1/2" x 30 cm</li> <li>*Tuerca de apriete hexagonal para perno de 1/2".</li> </ul>

La infraestructura necesaria debe soportar tanto el peso de los paneles solares y cargas de viento en cada zona, en las condiciones técnicas necesarias de orientación y ubicación respectiva, atendiendo recomendaciones de los fabricantes y cumpliendo la normatividad vigente. Incluyendo entre otras, las normas sobre seguridad física, seguridad industrial, ventilación, sismo resistencia, salubridad, condiciones ambientales requeridas por los equipos y protección contra corrosión, humedad y niveles de inundación. Es por lo tanto necesario realizar los cálculos sobre esfuerzos cortantes del viento según la región del proyecto y tomar las medidas necesarias cuando se superen los umbrales que afecten la estabilidad del sistema en el tiempo.

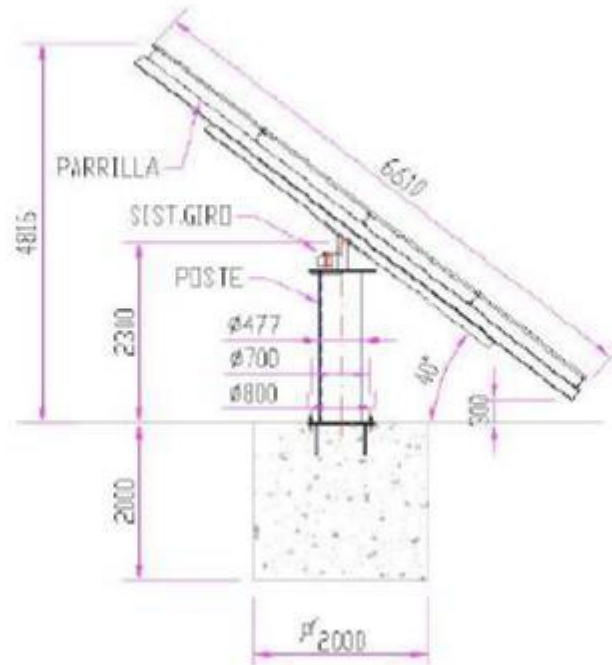
- Todas las partes metálicas del sistema deben estar conectadas a un sistema de puesta a tierra
- El alineamiento de la estructura de soporte de los módulos, debe ser uniforme en toda la instalación

Las cargas consideradas en el diseño y cálculo estructural son:

- Peso propio: Estructura y paneles en función de la ubicación de la instalación y según Norma.
- Carga de viento: Se considera que todos los paneles fotovoltaicos están sobre un mismo plano, formando una superficie rígida, sobre la que actúa la fuerza del viento.
- Sismo: de acuerdo a la norma sismo resistente NSR-10.



Figura 35. Características Módulos solares



Fuente: Anexo Técnico IPSE

Los módulos fotovoltaicos irán instalados, en condiciones normales, en una estructura metálica de una altura promedio de 3m. Construida en tubería galvanizada en caliente mínimo 4"x3mmx 3m de longitud a partir del suelo; anclada directamente al suelo. Se estudiará, en casos puntuales y excepcionales la posibilidad de utilizar otros tipos de soporte, siempre que esté garantizada la estabilidad y seguridad de los paneles previo diseño entregado por el contratista para revisión y aprobación de la interventoría.

La estructura debe estar construida para que soporte el peso de los módulos solares, así como el empuje del viento sobre los elementos que sostiene. La base de la estructura debe empotrarse en una zapata de hormigón y debe cumplir con las Normas vigentes, dentro de las cuales están las Normas Técnicas Colombianas, la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, ACI( American Concrete Institute) entre otras. También aplicarán las recomendaciones de los fabricantes de los materiales y equipos que se utilizarán en la construcción de las obras. Igualmente garantizando la calidad de los concretos  $f'c$  3000 psi (21 MPa).



La estructura, sus anclajes y sujeciones deben soportar vientos determinados según la zona, así como la estructura dependerá de la magnitud de las cargas y las características del suelo, de tal manera que se obtenga una fundación estable y económica.

Los módulos irán montados en un conjunto compacto unido, por medio de los acoples necesarios a la estructura. Esta estructura permitirá la óptima orientación e inclinación de los paneles solares para maximizar la energía captada.

La estructura del soporte y el sistema de fijación de los módulos, permitirán las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las normas del fabricante. La orientación de los paneles solares FV será en la dirección óptima garantizando el mayor rendimiento energético. La inclinación de los paneles será teniendo en cuenta entre otros aspectos la latitud del lugar. En ningún caso será menor a 10° para garantizar la auto limpieza, en todos los casos, los paneles solares FV estarán situados en una zona que no esté afectada por sombras de árboles o de cualquier tipo.

La estructura para soportar los paneles solares FV debe estar construida utilizando acero galvanizado tipo S-275 JR, considerando siempre las condiciones ambientales de la zona de instalación (humedad, temperatura, salinidad, etc.). Todos los tornillos, tuercas, arandelas y accesorios para su anclaje y montaje deben ser de acero galvanizado y antirobo.

El administrador deber proporcionar la información necesaria para realizar las labores de mantenimiento preventivo con el fin de asegurar el perfecto estado y durabilidad de la instalación.

La cimentación de la estructura debe efectuarse para que ofrezca la resistencia suficiente para soportar el empuje del viento sin volcarse (aproximadamente 250 Kg/m<sup>2</sup>).

En el caso de estructuras que van directamente sobre el terreno, normalmente se fijan con una cimentación de concreto, formada por una losa, bloques o dados de concreto individuales en cada amarre. No es muy conveniente, salvo en casos de extrema necesidad, fijar la estructura a la cimentación con tacos recibidos directamente al concreto, ya que la acción del viento hace que la estructura esté constantemente moviéndose y el taco se pueda desgajar. Es preferible utilizar espárragos despernados, o mejor aún, espárragos roscados, con resinas EPOXI, recibidos en el hormigón.



### 14.7. Suministro, transporte e instalación de Juego de (2) o (3) Módulos Solares Fotovoltaicos monocristalinos de 370 Wp

Módulo solar fotovoltaico 370 Wp	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Eficiencia mayor o igual a 19%</li> <li>*Monocristalino con mínimo 60 celdas</li> <li>*Tolerancia positiva +3V</li> <li>*Caja conexión equipada con cables y conectores MC4, con protección IP65.</li> <li>*Con Diodos Bypass.</li> <li>*Coeficiente de temperatura para tensión Voc: Mayor o igual que - 0,35 %/°C.</li> <li>*Coeficiente de temperatura para corriente Isc: Menor o igual que 0,05 %/°C.</li> <li>*Coeficiente de temperatura para potencia P Mayor o igual que - 0,49 %/°C.</li> <li>*Garantía de producción a potencia nominal del 90% en los próximos 10 años, evidenciable en la ficha técnica del equipo.</li> <li>*Garantía de producción a potencia nominal del 80% en los próximos 20 años, evidenciable en la ficha técnica del equipo.</li> <li>*Garantía de Producto por defectos de fabricación de mínimo 10 años.</li> </ul>
----------------------------------	---

Los paneles o módulos fotovoltaicos (llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre ellos (energía solar fotovoltaica).

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas STC, que son (si son metálicos):

- Radiación solar de 1000 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura de celda de 25 °C (no temperatura ambiente)

Y condiciones NOTC

- Radiación solar de 800 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura de cedula de 20 °C (temperatura ambiente)
- Velocidad de viento 1m/s

Los paneles fotovoltaicos, en función del tipo de celdas que los forman, se clasifican en:

Monocristalinos: se componen de secciones de un único cristal de silicio (Si) (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, se aprecian que son curvos, debido a que es una celda circular recortada). Las celdas de silicio monocristalino se obtienen a partir de silicio muy puro, que se refunde en un crisol junto con una pequeña proporción de boro. Una vez el material se encuentra en estado líquido,



se le introduce una varilla con un "cristal germen" de silicio que se va haciendo crecer con nuevos átomos procedentes del líquido, que quedan ordenados siguiendo la estructura del cristal. De esta forma se obtiene un monocristal dopado, que luego se corta en obleas de aproximadamente 3 décimas de milímetro de grosor. Estas obleas se introducen después en hornos especiales, dentro de los cuales se difunden átomos de fósforo que se depositan sobre una cara y alcanzan una cierta profundidad en su superficie. Posteriormente, y antes de realizar la serigrafía para las interconexiones superficiales, se recubren con un tratamiento anti reflexivo de bióxido de titanio o zirconio (Fuente: ENERSAC).

**Policristalinos:** cuando están formados por pequeñas partículas cristalizadas. En las células policristalinas, en lugar de partir de un monocristal, se deja solidificar lentamente sobre un molde la pasta de silicio, con lo cual se obtiene un sólido formado por muchos pequeños cristales de silicio, que pueden cortarse luego en finas obleas policristalinas. (Fuente: ENERSAC).

**Amorfos:** cuando el silicio no se ha cristalizado. Uno o varios paneles constituyen un generador solar fotovoltaico. En la mayoría de los casos en las instalaciones de energía solar fotovoltaica, todas las celdas que conforman un módulo deben responder a la misma descripción y a la misma curva de (Corriente – Tensión). Y de la misma manera sucede con todos los módulos que conformen un generador; es decir, no se deben instalar módulos de distintas características y potencias. Todos los módulos que conforman un generador solar fotovoltaico han de tener las mismas características eléctricas.

La conexión eléctrica entre paneles o módulos solares puede ser de tres clases:

- Conexión en serie.
- Conexión en paralelo.
- Combinando las anteriores hasta lograr la intensidad y tensión necesaria.

Un generador fotovoltaico está calculado para que genere una tensión de salida un poco por encima de la tensión que requiere el acumulador para completar su carga; así, su efectividad es mayor cuanto mayor son los cristales, pero también es mayor su peso, grosor y por ende su costo.

El generador fotovoltaico siempre estará en condiciones de cargar el acumulador, incluso en condiciones adversas (temperatura de las celdas alta, o baja insolación). Cuando se habla de tensión teórica de trabajo por ejemplo en un sistema de 12 Vdc, el panel tiene que suministrar una tensión superior a ésta para poder así cargar las baterías; es decir, la tensión real es mayor. Con bastante frecuencia se realizan conexiones tanto en serie como en paralelo hasta conseguir los valores idóneos para cada aplicación.



Los materiales utilizados en el montaje de la instalación solar fotovoltaica deben ser aptos para las características adversas del medioambiente en las que se instale y ser compatibles con las condiciones de alta temperatura y humedad, así como de acidez del suelo, esto con el fin de evitar la corrosión galvánica y/o electroquímica de los materiales que la componen. Por lo tanto, es requisito seguir las normas requeridas por los equipos para la protección contra la corrosión y humedad para cada uno de los sistemas solares fotovoltaicos instalados por usuario beneficiado y de acuerdo a la región del proyecto.

Características mínimas garantizadas de los Módulos Fotovoltaicos.

Para el presente proyecto, los módulos fotovoltaicos, sin importar la potencia pico del módulo, deberán cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

- Eficiencia del módulo solar: igual o superior al 19%.
- Tolerancia positiva: + 3 V.
- Tipo de celda: monocristalina o policristalina con mínimo 60 celdas.
- Capacidad del campo solar fotovoltaico: igual o superior a la establecida en los proyectos aprobados, garantizando siempre que los paneles solares sean de la tecnología de fabricación más reciente.
- Orientación e Inclinación: La orientación e inclinación de los módulos solares deberá ser indicada por el Contratista previo a la instalación, con base en la ubicación geográfica del proyecto y deberá ser aprobada por la interventoría y la supervisión del proyecto.
- Caja conexión equipada con cables y conectores MC4, con protección IP65.
- Parte delantera cristal templado bajo contenido en hierro Bastidor de Aluminio anodizado.
- Diodos Bypass.
- Coeficiente de temperatura para tensión  $V_{oc}$ : Mayor o igual que  $-0,35 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- Coeficiente de temperatura para corriente  $I_{sc}$ : Menor o igual que  $0,05 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- Coeficiente de temperatura para potencia  $P$  Mayor o igual que  $-0,49 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- Temperatura de trabajo: de  $-40^\circ\text{C}$  a  $+80^\circ\text{C}$ . □ Tensión nominal acoplable a tensión DC del sistema de almacenamiento de energía.
- Garantía de producción a potencia nominal del 80% en los próximos 20 años, evidenciable en la ficha técnica del equipo.
- Garantía de Producto por defectos de fabricación de mínimo 10 años.
- Los arreglos fotovoltaicos deben garantizar tensiones de salida que permitan la carga eficiente de las baterías a través de un controlador de carga de alta eficiencia y del cableado correcto para reducir las pérdidas de energía en el sistema.
- El montaje del sistema debe permitir la dilatación térmica de todos sus componentes sin afectar los módulos.
- Las instalaciones fotovoltaicas deben permitir una adecuada ventilación de los módulos fotovoltaicos, así como un fácil y rápido drenaje de agua en caso de precipitaciones.
- Los elementos empleados en las estructuras deben ser de material que evite la corrosión electroquímica.



- La estructura de soporte del sistema de fijación debe ser lo suficientemente robusta para resistir el peso de los módulos, ligera en peso y en capacidad de soportar las condiciones ambientales adversas (temblores, vientos fuertes, etc.)
- Todas las partes metálicas del sistema de generación deben estar correctamente conectadas a un sistema de puesta a tierra.

Normatividad aplicable a los módulos fotovoltaicos.

Los módulos deberán cumplir con la normatividad aplicable y contar con las certificaciones de producto. La normatividad mínima para la selección de los módulos solares fotovoltaicos comprende:

- IEC 61215 Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules - Design Qualification and Type Approval, para módulos fotovoltaicos terrestres de silicio cristalino.
- Norma NTC 2883:2006 Módulos Fotovoltaicos (Fv) de Silicio Cristalino para Aplicación Terrestre. Calificación del Diseño y Aprobación de Tipo
- IEC/UL 61646 Thin-Film Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules - Design Qualification and Type Approval, para los módulos fotovoltaicos terrestres de película delgada. En Colombia NTC5464:2010 Cualificación del diseño y homologación para módulos de película delgada fotovoltaica terrestre (PV).
- IEC 61701 Prueba de corrosión en presencia de niebla salina; requisitos de los módulos FV en aire cargado de sal, para instalaciones en medios con alto grado de contaminación salina o norma como la ASTM E 1524 (12.02). Así mismo, la UL 4703 para conductores y UL 6703 para conectores. En Colombia NTC5512, 2013
- IEC-61727-Photovoltaic (PV) systems Characteristics of the utility interface.
- IEC 61730-1:2016 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 1: Requirements for construction.
- IEC 61730-2:2016 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 2: Requirements for testing. En Colombia norma NTC 5899-1/2 de 2011
- IEC 62108 Concentrator Photovoltaic (CPV) Modules and Assemblies - Design Qualification and Type Approval, para módulos fotovoltaicos con radiación concentrada.
- UL1703 Inspecciones de seguridad aplicadas a los elementos fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV por sus siglas en inglés), para módulos y paneles FV con placa plana.
- IEC 62548 :2016 Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements.
- IEC 60904-1:2016, Photovoltaic devices - Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics, para un rango de temperaturas entre 25 °C y 50 °C, y niveles de irradiancia entre 700 y 1100 W/m<sup>2</sup>.
- ASTM E1462 Insulation integrity and ground path continuity of photovoltaic.
- ASTM E1830 Determining Mechanical Integrity of Photovoltaic Modules.
- ASTM E1596 Solar Radiation Weathering of Photovoltaic Modules.
- IEC 61345 :1998 UV test for photovoltaic (PV) modules Withdrawn Inactive
- ASTM E1038 Determining Resistance of Photovoltaic Modules to Hail by Impact with Propelled Ice Balls



- ASTM E1171 Photovoltaic Modules in Cyclic Temperature and Humidity Environments.

#### 14.8. Suministro, transporte e instalación de medidor monofásico prepago

Los medidores electrónicos de energía eléctrica prepago operan en modo off-line y con comunicaciones inalámbricas y control en tiempo real bajo el concepto AMI (infraestructura avanzada de medición).

Si los medidores monofásicos bifilares para operación en prepago tipo riel OIN bicuerpo, es decir esta conformados por dos módulos: el MCU unidad de control de medición y el CIU control de interface de usuario.

El medidor MCU se instala en el exterior, mientras el control CUI se instala en el interior de la vivienda. Ambos módulos se pueden comunicar por PLC (power line communication) que utiliza el cableado existente dentro de la vivienda haciendo muy versátil la conexión del CUI en cualquier tomacorriente y no requiere cableado adicional o por comunicación alamburada de dos hilos 2W entre MCU y el CUI.

Características técnicas.

- Voltaje de operación: 120/220 V
- Corriente nominal: 5A
- Corriente máxima: 80/100 A
- Frecuencia de la red: 50/60 Hz
- Precisión: Clase 1
- Modos de operación: Prepago / Bidireccional
- Configuración: Monofásico bifilar
- Instalación: Riel DIN / Muro
- Comunicación entre medidor y Control Remoto (CIU): 2W: Loop de corriente aislado por cable (2x22 AWG o mayor) / PLC: Comunicación por línea eléctrica, no requiere alamburado.
- Protecciones y antifraude: Potencia inversa, Protección sobrecarga, Protección cero cargas, Detección SER (Significant Reverse Energy)
- Puerto óptico: Si
- Display: LCD
- Teclado: 2W: Campo eléctrico / PLC: 12 teclas que incluyen dígitos del 0-9, tecla retroceso y enter.
- Alarma sonora: Zumbador
- Cumplimiento de estándares: Prepago: STS
- Estándares técnicos: IEC 62052-1, IEC 62053-21, IEC 62055-41, IEC 62055-51, IEC 62056-61, IEC 62056-21, IEC 62055-31, DISSCAAA9 (MC171)





#### **14.9. Suministro, transporte e instalación Sistema de Puesta a Tierra**

La instalación del sistema de puesta a tierra involucra el suministro, transporte, almacenamiento y montaje del cable de puesta a tierra, conectores, varilla de puesta a tierra y accesorios, las tierras que se colocarán en cada una de las instalaciones serán de acero inoxidable. Deberán tomarse lecturas de resistencia de puesta a tierra con el fin de garantizar que la medida no supere el valor fijado por norma.

Aplicación de normas NTC 2050 de acuerdo a sección 250 y RETIE de acuerdo a artículo 15 y normas complementarias.

#### **14.10. Suministro, transporte e instalación de Cable THHN/THWN 3 x N°. 8 AWG, canalizado en tubería EMT 1" sobrepuesta**

La tubería suministrada será Conduit galvanizada tipo EMT homologada por organismo de Certificación acreditado por la ONAC, libre de bordes cortantes que pueda estropear el aislamiento de los conductores. Se conectarán con los accesorios adecuados a las cajas de paso CP y a los tableros respectivos.

Los tubos metálicos de acero (IMC) y (EMT) sin costura, tipo Conduit, deben cumplir la norma ICONTEC 170 para tubos hasta de 2" de diámetro y la norma ICONTEC 169 para tubos hasta de 4". La tubería eléctrica deberá tener un acabado exterior tal que permita a lo largo del tiempo, diferenciarla de otras tuberías.

Los conductores eléctricos aislados deben ser de cobre electrolítico con 99 % de pureza, temple suave, fabricados de acuerdo con las normas ICONTEC 1099, para conductores sólidos o cableados. El aislamiento de los conductores será de material termoplástico de tipo THHN (instalaciones interiores) y THHN para las acometidas, para una tensión de 600 V, aptos para ambientes húmedos.

En los planos se identifican los calibres de los cables y alambres que serán utilizados. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

Para calibres No.10AWG o menores se usará conductores de cobre, tipo alambre o tipo cable donde se indique.

Para calibres No.8AWG hasta No. 2AWG se usarán cables de cobre de 7 hilos.

Para calibres No. 1/0 AWG hasta No. 4/0 AWG se usará cables de cobre de 19 hilos.

Dado que el nivel de tensión a utilizarse es 208/120 V, de acuerdo con lo establecido en el RETIE el código de colores a aplicarse es:

- Fases: Amarillo, Azul y Rojo (obligatorio)



- Neutro: Blanco (obligatorio)
- Tierra: Verde o desnudo

Los conductores de cobre deben ser de aislamiento tipo THW para 600 V y adecuado para soportar una temperatura del conductor de 90°C en operación normal y continua; cumpliendo con los requerimientos de las normas ICEA S-19-81, NEMA WC5 y ICONTEC 1099 y cuya capacidad de corriente, voltaje y calibre y tipo de aislamiento deberán estar impresas cada 1000 mm aproximadamente a todo lo largo de la cubierta.

El cable desnudo debe ser de cobre electrolítico blando, clase AA cableado concéntrico, trenzado, con capas de compactos extendidos helicoidalmente y deberá cumplir la norma ASTB-B8.

Durante el proceso de colocación de conductores en la tubería no se permitirá la utilización de aceite o grasa mineral como lubricante.

Para la instalación de conductores dentro de la tubería se debe revisar y secar, si es el caso, las tuberías donde hubiera podido entrar agua. Igualmente, este proceso se deberá ejecutar únicamente cuando se garantice que no entrará agua posteriormente a la tubería o en el desarrollo de los trabajos pendientes de construcción no se dañaran los conductores.

#### **14.11. Suministro, transporte e instalación instalaciones eléctricas internas.**

##### **Tubería.**

Las tuberías a usar en este proyecto son:

- De PVC norma ICONTEC en las tuberías que vayan empotradas o enterradas. Los diámetros deben ser los indicados en planos, según normas y recomendaciones de fabricantes.
- Toda la tubería expuesta deberá ser metálica galvanizada EMT, o IMC según se indique en planos. Todas las curvas tanto de PVC, como las metálicas deben ser de fábrica y cumplir con los diámetros requeridos.

Los tubos metálicos de acero (IMC) y (EMT) sin costura, tipo Conduit, deben cumplir la norma ICONTEC 170 para tubos hasta de 2" de diámetro y la norma ICONTEC 169 para tubos hasta de 4". La tubería eléctrica deberá tener un acabado exterior tal que permita a lo largo del tiempo, diferenciarla de otras tuberías.

Los tubos metálicos intermedios deben estar identificados cada 1,5 m y deben llevar marcas claras, durables y adecuadas expresando el grado de resistencia a la corrosión, el nombre del fabricante, la referencia de fábrica, el diámetro y la información adicional exigida por la norma específica para cada línea de producción.



Los tubos PVC deben cumplir la norma ICONTEC 979. Todos los tubos de acero galvanizados serán de acuerdo a la norma ASTM A-760. Toda la tubería deberá estar libre de defectos superficiales interiores y exteriores y será recta a simple vista, de sección circular y espesor de paredes uniforme.

Para la tubería PVC deben tener una marca permanente, clara y durable, por lo menos cada 3 m. El tipo de material debe estar incluido en la marca, a menos que sea identificable a la vista, si es para uso subterráneo, dichas marcas serán lo suficientemente durables. El espesor de los tubos debe ser uniforme y no debe ser inferior, para cada diámetro respectivo, al indicado en la norma NTC1630.

Toda la tubería Conduit PVC deberá ser retardante de la llama, resistente a los químicos atmosféricos, a la humedad, a los impactos y a la deformación por calor.

Los conductos a la vista y las prolongaciones de los sistemas empotrados en conductos, se instalarán exactamente paralelos y en ángulos rectos con las paredes del edificio; los conductos a la vista suspendidos de cielo rasos se instalarán en forma tal que se deben evitar interferencias con soportes, aparatos de iluminación y ductos de ventilación. Todas las curvas en los ductos deberán tener como mínimo un radio igual al recomendado por el fabricante y según indique la norma respectiva. No se permitirá la instalación de tuberías Conduit aplastados o deformados, como tampoco la elaboración en sitio, de curvas en tubería PVC mediante calentamiento del tubo, si es el caso, se deben utilizar los accesorios especificados.

### **Cajas y Accesorios.**

Las cajas metálicas de salidas de tomacorrientes, luminarias, telefónicas, interruptores, etc., serán de acero galvanizado tipo pesado, con salidas que permitan la fijación de las tuberías, las cuales deben ser fijadas con boquillas o terminales adecuadas.

Las cajas para las salidas en piso deben cumplir con las normas NTC 2050 para estos casos. Las cajas y accesorios metálicos utilizados para su implementación deben ser resistentes a la corrosión y deberán estar galvanizadas, esmaltadas o recubiertas en forma apropiada tanto por fuera como por dentro para impedir la corrosión. Las chapas de acero para cajas y accesorios de un volumen no mayor de 1,6 dm<sup>3</sup> deben tener un espesor no menor de 1,6 mm. La pared de una caja de hierro maleable y fundido o moldeado permanentemente fundido en aluminio, latón o bronce será de un espesor no menor de 2,4 mm.

Las cajas de piso de instalación interior, deberán ser fabricadas de una sola pieza en lámina galvanizada calibre No 14 para montaje a ras de piso con fácil acceso a su interior en donde se podrán instalar tomacorrientes eléctricos o salidas para Voz - Datos. La caja



cumplirá con las pruebas estipuladas por "UNDERWRITERS LABORATORIES INC.", conforme a su norma UL514A y UL514C. La tapa de la caja estará construida en material con acabado en ALUMINIO, provista de bisagras. La tapa incorporará un dispositivo de protección desmontable para resguardar y permitir la salida de los cables de energía y comunicaciones relacionados con los equipos de la estación de trabajo. Esta protección será efectiva cuando la tapa se encuentre tanto en su posición de abierta o cerrada.

El marco de acabado estará construido en material con acabado en aluminio con dimensiones de 14 3/4" [356mm] largo x 12 5/8" [321mm] ancho y altura de 4-1/8" [105mm]. La fabricación de la tapa y del marco de acabado permitirá la colocación, sobre superficie de alfombra o baldosa.

La cámara de cableado contará con compartimentos separados, para alojar cables de energía y comunicaciones. Los compartimentos estarán separados mediante divisiones en lámina galvanizada.

El sistema estará diseñado para uso empotrado en concreto en lugar húmedo y debe cumplir con las pruebas estipuladas por "Underwriters Laboratorios Inc.", conforme a su norma UL183 y además cumplirá con el NTC 2050 artículo 604.

La carga máxima permisible debe ser de 1500 lbs (680 Kg), para lo cual el producto debe ser certificado. La caja debe estar provista de perforaciones (knock outs) apropiados para el acceso y montaje de las tuberías de suministro.

Las cajas para salidas que se utilizarán serán:

- Cajas galvanizadas de 2" x 4" (ref. 5.800) para todas las salidas de tomas monofásicas, e interruptores sencillos siempre y cuando no estén incrustados en una columna o muro de concreto y no llegue más de un tubo de 1/2".
- Cajas galvanizadas de 4" x 4" (ref. 2.400) para todos los interruptores y tomas donde figure tubería de diámetro de 3/4" o más de un tubo de 1/2" y se proveerán el correspondiente suplemento.
- Cajas galvanizadas octogonales de 4" para las salidas de lámparas tipo DULUX o las de aplique, bien sea en el techo o en el muro a excepción de los sitios donde figure tubería de diámetro 3/4" o lleguen más de dos ductos de 1/2" los cuales llevarán cajas de 4x4 (referencia 2.400).
- Cajas galvanizadas de 4" x 4" (ref. 2.400) con suplemento y tomacorriente para realizar el suministro eléctrico a las luminarias tipo Especular y las Herméticas, las cuales llevaran un cordón en cable encauchetado y su respectiva clavija de conexión, esto con el fin de facilitar labores de mantenimiento.
- Cajas de doble fondo galvanizadas para tomas especiales, de tipo bifásicas o trifásicas de 20 A, 30 o 50 A.



- Las cajas serán fabricadas en lámina Cold - Rolled mínimo calibre No. 20 y llevarán una capa de galvanizado electrolítico.
- Las cajas para salidas de piso serán metálicas de fundición de hierro o aluminio únicamente con los orificios utilizados para la llegada de los tubos y llevarán tapa de bronce.

Todas las tapas de cajas, así como los aparatos que se instalen deberán ser niveladas y al ras con las paredes donde se instalen.

En la prolongación de la tubería estas cajas se dejarán un (1) centímetro afuera del ladrillo de tal forma que queden finalmente al ras con la pared pañetada y enlucida.

En todas las cajas se fijarán las líneas de tierra por medio de un tornillo goloso para lámina de 1/2"x12 mm.

### **Cables y Alambres Aislados.**

Los conductores eléctricos aislados deben ser de cobre electrolítico con 99 % de pureza, temple suave, fabricados de acuerdo con las normas ICONTEC 1099, para conductores sólidos o cableados. El aislamiento de los conductores será de material termoplástico de tipo THHN (instalaciones interiores) y THHN para las acometidas, para una tensión de 600 V, aptos para ambientes húmedos.

En los planos se identifican los calibres de los cables y alambres que serán utilizados. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

Para calibres No.10AWG o menores se usará conductores de cobre, tipo alambre o tipo cable donde se indique.

Para calibres No.8AWG hasta No. 2AWG se usarán cables de cobre de 7 hilos.

Para calibres No. 1/0 AWG hasta No. 4/0 AWG se usará cables de cobre de 19 hilos.

Dado que el nivel de tensión a utilizarse es 208/120 V, de acuerdo con lo establecido en el RETIE el código de colores a aplicarse es:

- Fases: Amarillo, Azul y Rojo (obligatorio)
- Neutro: Blanco (obligatorio)
- Tierra: Verde o desnudo

Los conductores de cobre deben ser de aislamiento tipo THW para 600 V y adecuado para soportar una temperatura del conductor de 90°C en operación normal y continua; cumpliendo con los requerimientos de las normas ICEA S-19-81, NEMA WC5 y ICONTEC 1099 y cuya capacidad de corriente, voltaje y calibre y tipo de aislamiento deberán estar impresas cada 1000 mm aproximadamente a todo lo largo de la cubierta.



El cable desnudo debe ser de cobre electrolítico blando, clase AA cableado concéntrico, trenzado, con capas de compactos extendidos helicoidalmente y deberá cumplir la norma ASTB-B8.

Durante el proceso de colocación de conductores en la tubería no se permitirá la utilización de aceite o grasa mineral como lubricante.

Para la instalación de conductores dentro de la tubería se debe revisar y secar, si es el caso, las tuberías donde hubiera podido entrar agua. Igualmente, este proceso se deberá ejecutar únicamente cuando se garantice que no entrará agua posteriormente a la tubería o en el desarrollo de los trabajos pendientes de construcción no se dañaran los conductores.

### **Interruptores para Control de Alumbrado.**

Los interruptores sencillos serán del tipo de incrustar o sobreponer, según sea el caso, apropiados para instalaciones con corriente alterna con una capacidad de 15 A 125 V contacto mantenido, dos posiciones (abierto y cerrado) con terminales de tornillo apropiados para recibir alambres de cobre calibres No.12 y 14 AWG, con herrajes, tornillos y placa anterior. Nunca se conectarán al conductor neutro.

Los interruptores dobles, triples, deberán tener características similares a las anteriores y según artículo NEC.

Los interruptores cuando se coloquen en posición vertical, deben quedar encendiendo hacia arriba y apagando hacia abajo. Cuando se coloquen en posición horizontal quedarán encendiendo hacia la derecha y apagando hacia la izquierda. Se deben colocar todos los interruptores del mismo tipo, modelo y marca.

Para los sensores de presencia se seguirán los mismos lineamientos y recomendaciones realizadas para los interruptores.

Los tomacorrientes de uso general serán dobles, trifilares, con polo a tierra aislado, con una capacidad de 15 A a 250 V con terminales de tornillo apropiados para recibir cable No. 12 y 10 THHN/THWN con herrajes, tornillos y placa. Se instalarán en posición horizontal cumpliendo con lo dispuesto por el RETIE y todos serán con polo a tierra.

Los tomacorrientes de piso serán sencillos, con tapa metálica niquelada y protección plástica del enchufe.

Las tomas reguladas para computador serán de 15A con polo a tierra aislado y deberán ser cableadas según plano en cable de cobre aislado color verde o desnudo No. 12 para



línea de puesta a tierra y demás colores según norma vigente y se deberán identificar la toma con polo a tierra aislada mediante un triángulo y su uso en forma visible como tal.

En las zonas húmedas y donde se especifique en planos se deben colocar tomas con protección de falla a tierra del tipo GFCI, de acuerdo a lo especificado en la NTC 2050 capítulo 5 y normas UL.

### **Roseta plafón.**

La roseta plafón deberá ser plástica, con acceso superior al cableado.

- Voltaje: 250 V
- Potencia máxima: 660 W
- Material del forro: Aluminio
- Diámetro: 8.2 – 10 cm
- Tipo de montaje: Conexión a rosca.

### **14.12. Capacitación (global)**

Debido a la falta de conocimiento de la población en general acerca de los sistemas solares fotovoltaicos es necesario facilitar un espacio de intercambio de conocimientos, experiencias y debate acerca de la inclusión de energías alternativas y medidas para alcanzar la eficiencia energética como alternativa para mejorar el hábitat e incrementar el desarrollo productivo de zonas rurales, esta actividad la realizará un ingeniero o técnico electricista con el conocimiento requerido del tema.

Para el proceso de capacitación, la persona encargada se desplazará hasta las localidades en las que se instalen los kits solares, y les socializará ya sea individual o colectivamente el manejo, operación, riesgos y medidas a tomar con estos sistemas, para ello tendrá como recursos:

- Cartilla “OPERACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA” a cada usuario una vez se le haya entregado y puesto en funcionamiento el sistema
- Capacitación realizada por el ingeniero o técnico electricista a cada usuario acerca de los siguientes temas que se encontraran en la cartilla:
  - Explicación acerca de que es la energía solar y sus ventajas
  - Explicación del uso racional de la energía (URE)
  - Descripción de cada componente del sistema fotovoltaico
  - Como ejecutar el Mantenimiento y limpieza básicos del sistema fotovoltaico
  - Aclarar que electrodomésticos que puede conectar al sistema fotovoltaico
  - Recomendaciones generales



El futuro  
es de todos

Minenergía

**IPSE**

Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
Zonas No Interconectadas

**I.E. JUAN CARLOS NOREÑA VARÓN**

M.P.: CL 205-44712 CPN

C.C. N° 75'095.726 Manizales, Caldas





El futuro  
es de todos

Minenergía

**IPSE**

Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
Zonas No Interconectadas

# Contrato N° 056 de 2020

---

ANEXO 13A

CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

**CONTRATANTE: INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN  
DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA  
ZONAS NO INTERCONECTADAS (IPSE)**

**CONTRATISTA: DICOMO S.A.S**

REGION AMAZONIA | 2020



## CONTENIDO

<b>1. <u>MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL TERRENO</u></b>	<b>3</b>
<b>2. <u>EQUIPO UTILIZADO</u></b>	<b>6</b>
<b>3. <u>NORMAS DE REFERENCIA</u></b>	<b>7</b>
<b>4. <u>REPORTE DE MEDICIONES</u></b>	<b>8</b>
<b>5. <u>CÁLCULO DE LA RESISTIVIDAD</u></b>	<b>12</b>
<b>6. <u>PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</u></b>	<b>13</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de campo .....	4
Tabla 2. Datos de campo ejemplo .....	6

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Distribución de electrodos – Método Wenner.....	3
Figura 2. Equipo utilizado para medición de la resistividad.....	7
Figura 3. Tabla de datos recolectados en campo.....	12
Figura 4. Cálculo probabilístico de la resistividad .....	13
Figura 5. Ecuaciones para el cálculo de la Resistencia de Puesta a Tierra .....	14
Figura 6. Cálculo con dos varillas separadas 3 metros .....	16
Figura 7. Reporte de Cálculo de RPT por vereda .....	¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Curva de resistividades del terreno	5
Gráfica 2. Distribución de la resistividad medida	12



## 1. Medición de Resistividad Eléctrica del Terreno

Las técnicas para medir la resistividad del terreno son esencialmente las mismas cualquiera sea el propósito de la medida. Sin embargo, la interpretación de los datos recolectados puede variar considerablemente y especialmente donde se encuentren suelos con resistividades no uniformes.

Típicamente, los suelos poseen varias capas horizontales superpuestas, cada una teniendo diferente resistividad. A menudo se presentan también cambios laterales de resistividad, pero más graduales a menos que se configuren fallas geológicas. Por tanto, las mediciones de resistividad deben ser realizadas para determinar si hay alguna variación importante de la resistividad con la profundidad.

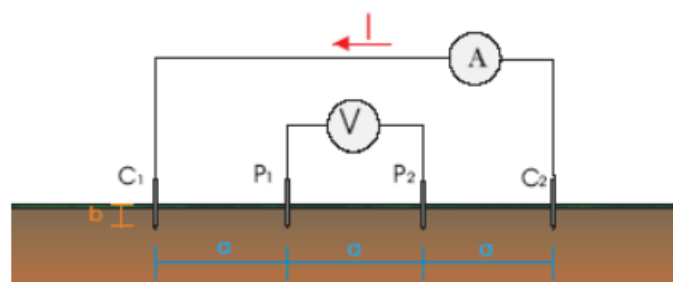
Las diferentes técnicas de medida son descritas en detalle en la IEEE Std 81-1983 "IEEE Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potential of a ground system".

Para este proyecto se utilizó el método de Wenner por ser el método más preciso. El método obtiene la resistividad del suelo para capas profundas sin enterrar los electrodos a dichas profundidades; no es necesario un equipo pesado para realizar las mediciones; los resultados no son afectados por la resistencia de los electrodos auxiliares o los huecos creados para hincarlos en el terreno.

El método consiste en enterrar pequeños electrodos tipo varilla en cuatro huecos en el suelo a una profundidad "b" y espaciados (en línea recta) una distancia "a" como se ilustra en la figura 1.

Figura 1. Distribución de electrodos – Método Wenner

Método de Wenner



Una corriente "I" se inyecta entre los dos electrodos externos y el potencial "V" entre los dos electrodos internos es medido por el instrumento. El instrumento mide la resistencia  $R (=V/I)$  del volumen de suelo cilíndrico de radio "a" encerrado entre los electrodos



internos. La resistividad aparente del suelo  $\rho_a$ , a la profundidad “a” es aproximada por la siguiente ecuación:

*Ecuación Cálculo resistividad aparente del suelo*

$$\rho_a = \frac{4\pi Ra}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2}}\right)}$$

Dado que en la practica la distancia “a” es mucho mayor que la profundidad de enterramiento “b”, la ecuación se simplifica de la siguiente manera:

*Ecuación simplificada*

$$\rho_a = 2\pi Ra$$

Para determinar el cambio de la resistividad del suelo con la profundidad, el espaciamiento entre electrodos se varía desde unos pocos metros hasta un espaciamiento igual o mayor que la máxima dimensión esperada del sistema de puesta a tierra (por ejemplo, la mayor distancia posible entre 2 puntos de una malla, o la profundidad de las varillas). El espaciamiento “a” del electrodo se interpreta como la profundidad aproximada a la cual se lee la resistividad del suelo. Para caracterizar la variación de la resistividad del suelo dentro de un área específica, se deben realizar varios grupos de medidas (perfiles) en diferentes direcciones. Diferentes lecturas tomadas con varios espaciamientos alineados dan un grupo de resistividades (perfil), que cuando son graficadas contra el espaciamiento, indican si hay capas diferentes de suelo y dan una idea de su respectiva profundidad y resistividad.

Los siguientes datos ilustran este concepto.

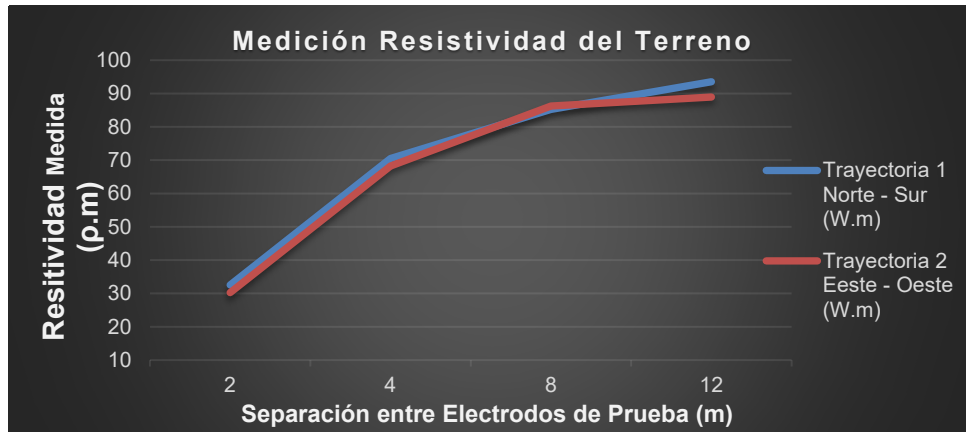
*Tabla 1. Datos de campo*

Separación entre Electrodo (m)	Trayectoria 1 Norte - Sur (W.m)	Trayectoria 2 Este - Oeste (W.m)
2	32,54	30,25
4	70,5	68,24
8	85,23	86,26
12	93,54	88,95
Promedio Trayectoria	70,45	68,43
<b>Promedio Zona</b>	<b>69,44</b>	

*Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S*



Gráfica 1. Curva de resistividades del terreno



Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S

En el modelado se considera un suelo como homogéneo cuando los valores definitivos y representativos de resistividad aparente obtenidos para cada espaciamiento “a”, no se apartan en más de un 30% del valor máximo de los mismos. Para efectos de modelación del suelo, se asume entonces el valor promedio como la resistividad del terreno. Alternativamente puede aplicarse el método estadístico de Box Cox (ver libro “Fundamentos e ingeniería de las puestas a tierra. Respuestas ante Fallas Eléctricas y Rayos”), que busca un valor con probabilidad de 70% de ser el real, valor que se utilizará luego en los cálculos necesarios para el diseño de la puesta a tierra.

El método de Box Cox se aplica como se describe a seguir, partiendo de los datos de resistividad obtenidos de todas las lecturas:

- a) En una columna se tabulan los datos de resistividad aparente medida  $r_i$ .
- b) En otra columna se colocan los logaritmos naturales de cada una de las medidas  $X_i = \ln r_i$ .
- c) Se halla la resistividad promedio  $x$  como:

Resistividad promedio  $x$

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- d) En otra columna se coloca el resultado de  $(x_i - x)^2$
- e) Se calcula la desviación estándar  $S$  como:

Desviación estándar  $S$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n}}$$



- f) De la distribución normal se toma Z para 70%, que da 0.524411  
g) Se halla la resistividad (con probabilidad del 70% de no ser superada) por la siguiente fórmula:

*Ecuación resistividad*

$$\rho = \text{Anti Ln}(S * Z + x)$$

Para mayor claridad se presenta el siguiente ejemplo con los datos de campo:

*Tabla 2. Datos de campo ejemplo*

Datos	$\rho$	$X_i = \text{Ln}(\rho)$	$S = (X_i - X)^2$
1	32,54	3,4825	0,4624
2	70,5	4,2556	0,0087
3	85,23	4,4454	0,0800
4	93,54	4,5384	0,1413
5	30,25	3,4095	0,5670
6	68,24	4,2230	0,0037
7	86,26	4,4574	0,0870
8	88,95	4,4881	0,1060
<b>Suma</b>	<b>555,51</b>	<b>33,2998</b>	<b>1,4560</b>
<b>Suma</b>	<b>69,4388</b>	<b>4,1625</b>	<b>0,182004096</b>
<b>Desv. Estándar</b>		<b>0,5148</b>	
<b>Resistividad con el 70%</b>		<b>84,1359</b>	<b><math>\Omega.m</math></b>
Z =	0,524411	Constante Distribución Normal Estándar invertida para el 70% de probabilidad.	
Se halla la resistividad (con probabilidad del 62% de no ser superada) por la siguiente fórmula: $\rho = \text{Exp}(S * Z + x)$			
<b>Resistividad Calculada <math>\rho =</math></b>		<b>84,1359</b>	<b><math>\Omega.m</math></b>

*Fuente: elaboración propia DICOMO S.A.S*

## 2. Equipo utilizado

Las medidas de resistividad se harán por medio del instrumento METREL MI 3123.



Este equipo cuenta está compuesto por:

- Equipo Smartec tierra / resistividad.
- Conexión de cable de prueba universal 4,5 m (azul).
- Conexión de cable de prueba universal 4,5 m (rojo).
- Conexión de cable de prueba universal 20 m (verde).
- Conexión de cable de prueba universal 20 m (negro).
- Picas de tierra de 30 cms, 4 uds.
- Adaptador de corriente + 6 pilas AA de NiMH.

*Figura 2. Equipo utilizado para medición de la resistividad*



*Fuente: fabricante del equipo*

### 3. Normas de referencia

IEEE Std 81-1983 “Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System”.

ASTM G57-95a “Standard Test Method for Field measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode- Method”.

EPM Normas técnicas 2008, “Medidas de resistividad eléctrica del suelo RAE-014



## 4. Reporte de mediciones

A continuación, se presentan las fotografías de las mediciones tomadas para distancias de 2, 4, 8 y 12 metros en direcciones N-S y E-O para el proyecto P6, en su orden respectivo.

### Trayectoria N-S







El futuro  
es de todos

Minenergía

# IPSE

Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
Zonas No Interconectadas



**Sede Principal:** Calle 99 No. 9 A - 54 Torre 3. Piso 14

PBX: (57 1) 639 7888 - Fax: Ext. 127

**IPSE Centro Nacional de Monitoreo:** (57 1) 6101130

[ipse@ipse.gov.co](mailto:ipse@ipse.gov.co)

Bogotá D.C. – Colombia

 @IPSEnergiaZNI

 @IPSEnergiaZNI

 @IPSEnergiaZNI



El futuro  
es de todos

Minenergía

# IPSE

Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
Zonas No Interconectadas



**Sede Principal:** Calle 99 No. 9 A - 54 Torre 3. Piso 14

PBX: (57 1) 639 7888 - Fax: Ext. 127

**IPSE Centro Nacional de Monitoreo:** (57 1) 6101130

[ipse@ipse.gov.co](mailto:ipse@ipse.gov.co)

Bogotá D.C. – Colombia

 @IPSEnergiaZNI

 @IPSEnergiaZNI

 @IPSEnergiaZNI



El futuro  
es de todos

Minenergía

# IPSE

Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las



**Sede Principal:** Calle 99 No. 9 A - 54 Torre 3. Piso 14

PBX: (57 1) 639 7888 - Fax: Ext. 127

**IPSE Centro Nacional de Monitoreo:** (57 1) 6101130

[ipse@ipse.gov.co](mailto:ipse@ipse.gov.co)

Bogotá D.C. – Colombia

 @IPSEnergiaZNI

 @IPSEnergiaZNI

 @IPSEnergiaZNI



## 5. Cálculo de la resistividad

Figura 3. Tabla de datos recolectados en campo

Tabla de datos de campo		
Separación (m)	Ruta 1 N-S	Ruta 2 E-O
2	61,4	73,3
4	67,5	51,9
8	62,2	54,9
12	70,3	56,2

Gráfica 2. Distribución de la resistividad medida

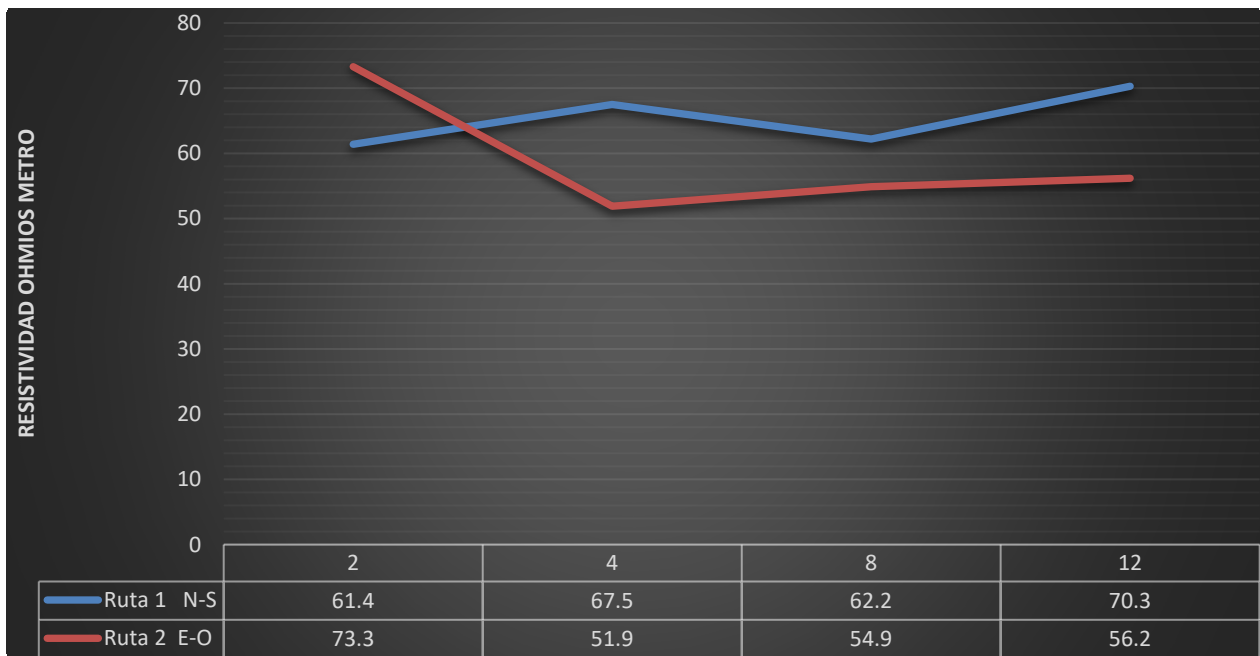




Figura 4. Cálculo probabilístico de la resistividad

Metodo del suelo homogéneo

Datos	$\rho_i$	$X_i = L_n \rho_i$	$S = (X_i - x)^2$
1	61,4	4,117	0,0000
2	67,5	4,212	0,0078
3	62,2	4,130	0,0000
4	70,3	4,253	0,0166
5	73,3	4,295	0,0291
6	51,9	3,949	0,0305
7	54,9	4,006	0,0140
8	56,2	4,029	0,0090
Suma	497,70	32,99	0,11
Promedio	62,21		
x		4,12	0,01
Desv Estándar			0,04

Z =	0,305481	Distribucion Normal Estandar invertida para el 62% de probabilidad.
-----	----------	---

Se halla la resistividad (con probabilidad del 62% de no ser superada) por la siguiente fórmula:  
 $\rho = \text{anti Ln}(S * Z + x)$

$\rho = 62,52 \quad \Omega m$
-------------------------------


## 6. Procedimiento para el cálculo del Sistema de Puesta a Tierra

El cálculo del sistema de puesta a tierra (SPT) para la protección de los equipos del sistema SSFV fue realizado mediante la aplicación del Estándar IEEE-142 2007. (*IEEE Std 142-200, IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems*).



Teniendo en cuenta que el valor recomendado de la resistencia de puesta a tierra ( $R_{pt}$  ó  $R_G$ ) es de  $10 \Omega$ , para el cálculo de esta se utilizaron las fórmulas recomendadas en el estándar IEEE-142, Tabla 4-5, para diferentes tipos de configuraciones, como se muestra a continuación.

Figura 5. Ecuaciones para el cálculo de la Resistencia de Puesta a Tierra

	Hemisphere radius $a$	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
•	One ground rod length $L$ , radius $a$	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
• •	Two ground rods $s > L$ ; spacing $s$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \dots \right)$
• •	Two ground rods $s < L$ ; spacing $s$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
—	Buried horizontal wire length $2L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
L	Right-angle turn of wire length of arm $L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^2}{L^2} - 0.0424 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
Y	Three-point star length of arm $L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^2}{L^2} - 0.054 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
+	Four-point star length of arm $L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^2} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
* (6 points)	Six-point star length of arm $L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^2} - 0.490 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
* (8 points)	Eight-point star length of arm $L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^2}{L^2} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
○	Ring of wire diameter of ring $D$ , diameter of wire $d$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left( \ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{4D}{s} \right)$
—	Buried horizontal strip length $2L$ , section $a$ by $b$ , depth $s/2$ , $b < a/8$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
⊗	Buried horizontal round plate radius $a$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 - \frac{7}{12} \frac{a^2}{s^2} + \frac{33}{40} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$
⊗	Buried vertical round plate radius $a$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 + \frac{7}{24} \frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$

Las fórmulas que más se aplican en los casos de resistividades bajas como las medidas en la región Amazonía son:



## Un electrodo de longitud L y radio a

$$R = \frac{\rho}{2\pi} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

## Dos o más electrodos de longitud L y radio a separados una distancia s donde s>L

$$R = \frac{\rho}{2\pi} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \dots \right)$$

La interdistancia 's' para el caso de dos o más electrodos siempre debe ser mayor a la longitud de los electrodos. En este caso se toman electrodos comerciales de 2,4 m por lo tanto la interdistancia con que se realizan los cálculos es de 3 m.

La herramienta utilizada para realizar el cálculo, se muestra a continuación a manera de ejemplo.

Se debe asegurar una resistividad del terreno mínima de 23,9Ω.m, mediante el uso de tratamientos para el suelo, con el fin de utilizar la configuración de **un electrodo tipo varilla vertical** (2° renglón de la Figura 1).

Si con el uso de tratamientos de suelo, se presentan resistividades hasta los 42,5 Ω.m, es necesario utilizar la configuración de **dos electrodos tipo varilla vertical en línea recta** (3° renglón de la Figura 1).

De acuerdo a los resultados de las medidas y en congruencia con la información presentada a continuación, se recomienda que en el proyecto se haga uso de la configuración con **dos electrodos tipo varilla vertical en línea recta**.

## CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados de las medidas y en congruencia con la información presentada a continuación, se concluye que en el proyecto se haga uso de la configuración con **dos electrodos tipo varilla vertical en línea recta**.



Figura 6. Cálculo con dos varillas separadas 3 metros

**CÁLCULO DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

**CÁLCULOS REALIZADOS SEGÚN METODOLOGÍA IEEE 142:** Éste método aplica para geometrías distintas a las cuadradas y rectangulares

Resistividad Aparente del Terreno ( $\Omega/m$ )	$\rho$	=	62,52
Resistividad Aparente del Terreno con tratamiento ( $\Omega/m$ )	$\rho_s$	=	31,26

**DATOS DE ENTRADA PARA CONFIGURACIONES CON ELECTRODOS TIPO VARILLAS**

Longitud de la varilla (mts)	L	=	2,40
Díametro de la varilla (mts)	Dv	=	0,016
Radio de la varilla (mts)	rv	=	0,008
Profundidad de enterramiento de la varilla (mts)	h	=	0,5
Número de varillas	N	=	2
Separación entre varillas (mts)	s	=	3

**DATOS DE ENTRADA PARA CONFIGURACIONES CON CONDUCTOR DESNUDO**

Calibre del Conductor Nº AWG	Nº	=	4
Sección Transversal del Conductor ( $mm^2$ )	A <sub>c</sub>	=	21,15
Díametro del Conductor (mts)	D <sub>c</sub>	=	0,00589
Radio del Conductor (mts)	rc	=	0,00294

**Para configuración en anillo**

Díametro del anillo (mts)	Da	=	4,00
Longitud del anillo (mts)	La	=	12,57

**Cálculo de la Resistencia de Puesta a Tierra (RPT) de la configuración elegida:**

Tipo de configuración (Seleccione) Dos electrodos tipo varilla verticales en linea recta

<b>Resistencia Total de SPT (Configuración elegida)</b>	<b>R<sub>G</sub> = 7,11 <math>\Omega</math></b>
---	---





# Photovoltaic Degradation Rates — An Analytical Review

Dirk C. Jordan and Sarah R. Kurtz

*To be published in Progress in Photovoltaics: Research and Applications*

**NREL is a national laboratory of the U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC.**

**Journal Article**

NREL/JA-5200-51664

June 2012

Contract No. DE-AC36-08GO28308

## NOTICE

The submitted manuscript has been offered by an employee of the Alliance for Sustainable Energy, LLC (Alliance), a contractor of the US Government under Contract No. DE-AC36-08GO28308. Accordingly, the US Government and Alliance retain a nonexclusive royalty-free license to publish or reproduce the published form of this contribution, or allow others to do so, for US Government purposes.

This report was prepared as an account of work sponsored by an agency of the United States government. Neither the United States government nor any agency thereof, nor any of their employees, makes any warranty, express or implied, or assumes any legal liability or responsibility for the accuracy, completeness, or usefulness of any information, apparatus, product, or process disclosed, or represents that its use would not infringe privately owned rights. Reference herein to any specific commercial product, process, or service by trade name, trademark, manufacturer, or otherwise does not necessarily constitute or imply its endorsement, recommendation, or favoring by the United States government or any agency thereof. The views and opinions of authors expressed herein do not necessarily state or reflect those of the United States government or any agency thereof.

Available electronically at <http://www.osti.gov/bridge>

Available for a processing fee to U.S. Department of Energy and its contractors, in paper, from:

U.S. Department of Energy  
Office of Scientific and Technical Information

P.O. Box 62  
Oak Ridge, TN 37831-0062  
phone: 865.576.8401  
fax: 865.576.5728  
email: <mailto:reports@adonis.osti.gov>

Available for sale to the public, in paper, from:

U.S. Department of Commerce  
National Technical Information Service  
5285 Port Royal Road  
Springfield, VA 22161  
phone: 800.553.6847  
fax: 703.605.6900  
email: [orders@ntis.fedworld.gov](mailto:orders@ntis.fedworld.gov)  
online ordering: <http://www.ntis.gov/help/ordermethods.aspx>

Cover Photos: (left to right) PIX 16416, PIX 17423, PIX 16560, PIX 17613, PIX 17436, PIX 17721



Printed on paper containing at least 50% wastepaper, including 10% post consumer waste.

## Abstract

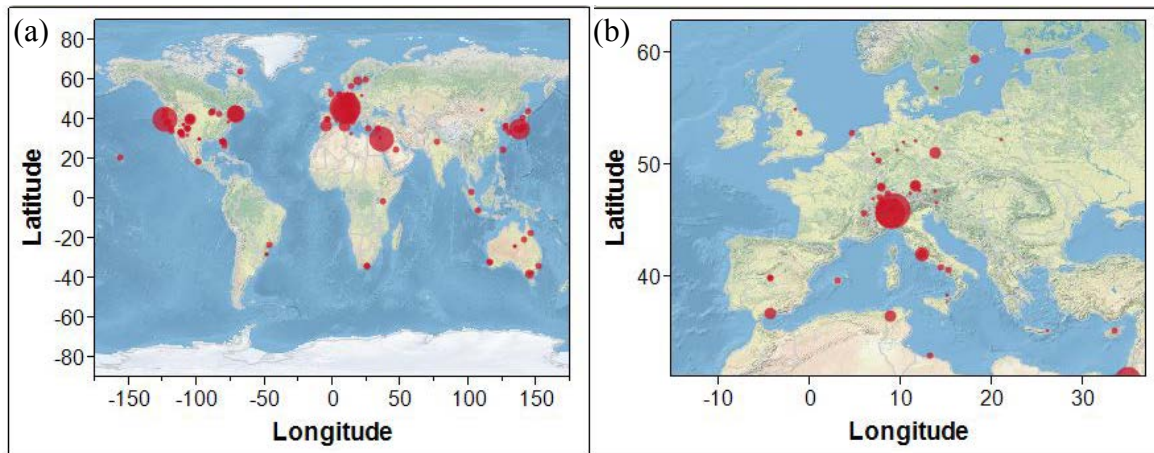
As photovoltaic penetration of the power grid increases, accurate predictions of return on investment require accurate prediction of decreased power output over time. Degradation rates must be known in order to predict power delivery. This article reviews degradation rates of flat-plate terrestrial modules and systems reported in published literature from field testing throughout the last 40 years. Nearly 2000 degradation rates, measured on individual modules or entire systems, have been assembled from the literature, showing a median value of 0.5%/year. The review consists of three parts: a brief historical outline, an analytical summary of degradation rates, and a detailed bibliography partitioned by technology.

Keywords: Photovoltaic modules, photovoltaic systems, performance, outdoor testing, field testing, degradation rates

## 1. Introduction

The ability to accurately predict power delivery over the course of time is of vital importance to the growth of the photovoltaic (PV) industry. Two key cost drivers are the efficiency with which sunlight is converted into power and how this relationship changes over time. An accurate quantification of power decline over time, also known as degradation rate, is essential to all stakeholders—utility companies, integrators, investors, and researchers alike. Financially, degradation of a PV module or system is equally important, because a higher degradation rate translates directly into less power produced and, therefore, reduces future cash flows [1]. Furthermore, inaccuracies in determined degradation rates lead directly to increased financial risk [2]. Technically, degradation mechanisms are important to understand because they may eventually lead to failure [3]. Typically, a 20% decline is considered a failure, but there is no consensus on the definition of failure, because a high-efficiency module degraded by 50% may still have a higher efficiency than a non-degraded module from a less efficient technology. The identification of the underlying degradation mechanism through experiments and modeling can lead directly to lifetime improvements. Outdoor field testing has played a vital role in quantifying long-term behavior and lifetime for at least two reasons: it is the typical operating environment for PV systems, and it is the only way to correlate indoor accelerated testing to outdoor results to forecast field performance.

Although every reference included in this paper contains a brief to slightly extensive summary of degradation rate literature, a comprehensive review could not be found. This article aims to provide such a summary by reviewing degradation rates reported globally from field testing throughout the last 40 years. After a brief historical outline, it presents a synopsis of reported degradation rates to identify statistically significant trends. Although this review is intended to be comprehensive, it is possible that a small percentage of the literature may not have been included.



**Figure 1. Geographical distribution of degradation rates reported in publications, (a) worldwide and (b) a large part of Europe. The size of the circle is indicative of the number of data points from a given location.**

## 2. Historical Overview

Figure 1 shows a map with degradation rates reported in publications discussed in this article. The size of each circle is indicative of the number of degradation rates reported at a given location. The four major regions prior to the year 2000 wherein long-term field observations have taken place are the USA, Europe, Japan, and Australia. These four regions are discussed within their historical context, as understanding the PV history for terrestrial applications elucidates time and place of degradation rate field observations. After 2000, a large number of observations have been reported with equal diversity in technology and geography.

### 2.1. USA

The modern era of PV technology could be claimed to have started in the 1950s at Bell Telephone Laboratories [4, 5]. When the Space Age officially started with the launch of the Russian Sputnik satellite in 1957, PV technology and satellites were ideally suited for each other. The first satellites such as Vanguard I required only moderate power, and the weight of the solar panels was low. Reliability was ensured by protecting the cells with a quartz or sapphire cover sheet from energetic particles outside the atmosphere and by using n-on-p type cells [6]. The oil crisis of 1973 changed the focus of PV from space to terrestrial applications, particularly applications in remote locations. Major oil companies were among the first to provide PV a terrestrial market in the form of supervisory controls, cathodic well corrosion protection, buoys, oil platform lights, and horns [7] that were much more economical than traditional battery-powered solutions for remote locations on land and water [8]. However, with an environment drastically different from space applications, the long-term reliability of PV modules faced vastly different challenges. These were addressed starting in 1975 through the Flat-Plate Solar Array project under the auspices of the Energy Research and Development Administration, which in 1977 was integrated into the U.S. Department of Energy [9-11]. Because of its PV experience in space, the National Aeronautics and Space Administration was involved through two laboratories, the Jet Propulsion Laboratory (JPL) in California and the Lewis Research Center in Ohio. JPL conducted a block buy program, procuring state-of-the-art modules and testing

them [12]. Based on field experience and failure analysis of degraded modules, each of the five block buys placed more and more stringent accelerated stress tests on the modules, providing valuable information toward later standards such as module qualification standard IEC 61215 [13, 14]. Field tests were conducted via installation at various sites including the Lewis Research Center and the Lincoln Laboratory at MIT, constituting the first systematic outdoor testing [15]. While Block I modules did not experience high failure rates in the field, they exhibited high degradation rates and provided insights into the various types of outdoor degradation mechanisms [16-18]. Roesler *et al.* also reported high degradation rates for pre-Block V modules in a 60-kW plant at the Mt. Laguna Air Force Station; these were probably caused by hot spot problems (Wohlgemuth, private communication) [19].

From 1983 to 1985, the Atlantic Richfield Oil company constructed the first large PV site at what is known today as the Carrizo Plain National Monument in central California. The produced electricity was sold to the Pacific Gas and Electric Company, which also supervised the data monitoring. The Carissa Plains project, as it was known at the time, used mirror enhancement resulting in high module temperature and ultraviolet exposure. The rapid power decline and maintenance experience at this site were initially attributed to the significant encapsulant browning [20-22]. Wohlgemuth and Petersen later demonstrated that much of the power loss in these modules was due to bad solder bonds, not ethylene vinyl acetate (EVA) browning [23]. In 1986, the Photovoltaics for Utility Scale Application (PVUSA) was initiated, a cost-sharing collaboration between private companies and government [24]. The project was designed to bridge the gap between large utility companies unfamiliar with PV technology and the small PV industry unfamiliar with the requirements of large utility companies [25]. The main PVUSA sites were Davis, CA, USA, and Maui, HI, USA [26]. In addition to valuable hands-on experience and detailed knowledge about maintenance costs, PVUSA also provided a new rating methodology that is still used today [27, 28]. The long-term performance of the main sites can be found in the PVUSA progress reports [29, 30]. The PVUSA project required qualification to tests developed at the National Renewable Energy Laboratory (NREL), Sandia National Laboratories, and JPL[30]. In an extensive field survey of systems consisting of pre- and Block V modules, Rosenthal *et al.* found that the failure rates decreased significantly from 45% for pre-Block V to less than 0.1% for Block V modules [31]. In addition, degradation rates for 10 selected systems were found to be larger than 1%/year. Atmaram *et al.* reported on Block IV and V monocrystalline Si systems deployed in Florida and found degradation rates well below 1%/year [32].

In 1977, the Department of Energy established the Solar Energy Research Institute in Golden, Colorado. In 1991, it was renamed as the NREL. Outdoor testing of modules and submodules started at the Solar Energy Research Institute in 1982. When amorphous silicon (a-Si) modules first became commercially available, NREL began to report degradation rates that were substantially higher than 1%/year for single and tandem junction modules although the continuous testing time rarely exceeded 1 year, implying that some of this was the initial light-induced degradation [33, 34]. Pratt and Burdick reported on the multiyear progress of a 4-kW a-Si array commissioned in Michigan in 1987. Although the degradation rate was found to be much lower, it still exceeded 1%/year in the first year of operation and then was stable between years 2 and 3 [35-37]. Kroposki and Hansen showed similar results (initial light-induced

degradation, followed by a small,  $\leq 1\%$ /year degradation) for four separate single and tandem junction 1–2-kW a-Si systems deployed at NREL [38].

## 2.2. Europe

Akin to almost every country, the terrestrial focus of PV in Europe can be traced to the oil crisis of the 1970s. The development and institution of PV sites can be divided into publicly and privately funded projects. The publicly funded part in Europe can be additionally divided into the umbrella organization of the Commission of the European Communities and individual national programs. The Commission of the European Communities actively pursued PV installations among its member states beginning in 1975 [39]. The Directorate General (DG XII) initiated a PV pilot program with 16 systems installed across Europe from 1982 to 1984 with a total capacity of 1 MWp. The Directorate General “Energy” (DG XVII) initiated a demonstration program to bridge the gap between research and development and commercialization [40]. A minority of these installations were grid-connected applications, with the majority of them being for remote applications including housing, lighthouses, warning systems, water pumping, and telecommunications. Whereas the PVUSA project in the USA utilized a regression method to document the power performance under a set of reference conditions, the European analysis more frequently documented the energy output (performance ratio or array yield) as an indicator of the ongoing performance of the PV systems [42]. The Joint Research Centre (JRC) in Ispra, Italy was founded in 1959 as a research center focusing on nuclear energy. In 1974, part of the center, the European Solar Test Installation, was dedicated to solar research [41]. Until 1983, JRC was largely concerned with test installations, testing of modules, and developing standard test procedures. The focus then shifted to also include data monitoring of pilot and demonstration plants [42]. Since 1985, JRC has coordinated a European Working Group on PV plant monitoring criteria, plant performance, quality control, analysis, and lessons learned. In the monitoring guidelines published by JRC in 1987, the monitoring length is specified to be 2 years [43]. Therefore, the literature that immediately followed contained data for at least 2 years. Kaut et al. reported on experiences and performance declines for several of these demonstration program plants in 1989 [44]. Nentwich et al. showed excellent stability for a plant at a high-altitude location in Austria [45]. The study was updated and expanded to include other high-latitude locations as the Alpsolar project [46]. Häberlin and Beutler also reported good stability for a crystalline Si array at a high-altitude location at the Jungfrau in the Swiss Alps [47]. The array was installed as a facade and does not experience any snow load. The study was later updated, and the system continued to exhibit excellent stability [48]. Berman et al. investigated nearly 200 multicrystalline silicon (multi-Si) modules installed in the Negev desert of Israel in 1995 [49]. The mirror-enhanced modules experienced degradation rates of less than 1%/year after 5 years. Further interesting studies before 2000 included reports from Italy [50], Finland [51], Switzerland [52], and Spain [53].

## 2.3. Japan

In Japan, the first outdoor installations were carried out by Sharp for lighthouses, the first one being on the island of Ogami in the Nagasaki prefecture in 1966. By the 1970s, over 200 lighthouses were equipped with PV [8]. Further PV development started with the implementation of the “Sunshine Program” by the Japanese government in 1974. Beginning in 1982, the Japan Quality Assurance Organization, sponsored by the New Energy and Industrial Technology Development Organization, conducted outdoor testing at five sites in Japan and four sites abroad.

As part of the “Sunshine Program,” Takigawa *et al.* found fairly large degradation rates for early a-Si prototype modules compared with more advanced models during the 3 years of outdoor exposure [54]. After the start of the “New Sunshine” program in 1992, an extensive field testing section was integrated into the program. Fukae *et al.* reported on the performance of triple junction a-Si modules and crystalline Si control modules at three different locations in Japan and Malaysia [55]. Although the observation time was only around 1 year, Fukae *et al.* showed that the a-Si modules performed better at higher temperatures. In 1997, Akhmad *et al.* reported a much larger degradation rate for a-Si than multi-Si, similarly showing that the performance of the a-Si increased during the summer, whereas that of the multi-Si decreased [56]. Ikisawa *et al.* from Japan Quality Assurance Organization reported on a-Si modules at three different sites in two different climate zones and found degradation substantially below 1%/year [57]. Machida and Yamazaki reported on six module samples taken from a 50-kW array near Tokyo. Outdoor exposure was for more than 5 years, with monocrystalline silicon (mono-Si) showing larger power decline than multi-Si [58].

## 2.4. Australia

Australia, with its large geographic size relative to population size, was in need of telecommunications from remote locations. PV provided an inexpensive alternative to generators and high-maintenance batteries. Therefore, telecommunication companies were the first to install PV modules and arrays and also the first to survey the long-term field performance and outcome in different climates. Muirhead and Hawkins reported first on the large Telstra PV network experience in 1995, including 35 mono-Si modules deployed for 8 years in the Melbourne climate, showing an average decline of 0.4%/annum with a normal distribution [59]. One year later, the same authors expanded their findings in terms of technologies and sites. Higher degradation rates were found for thin-film modules compared with crystalline Si modules [60].

## 2.5. Global Organization

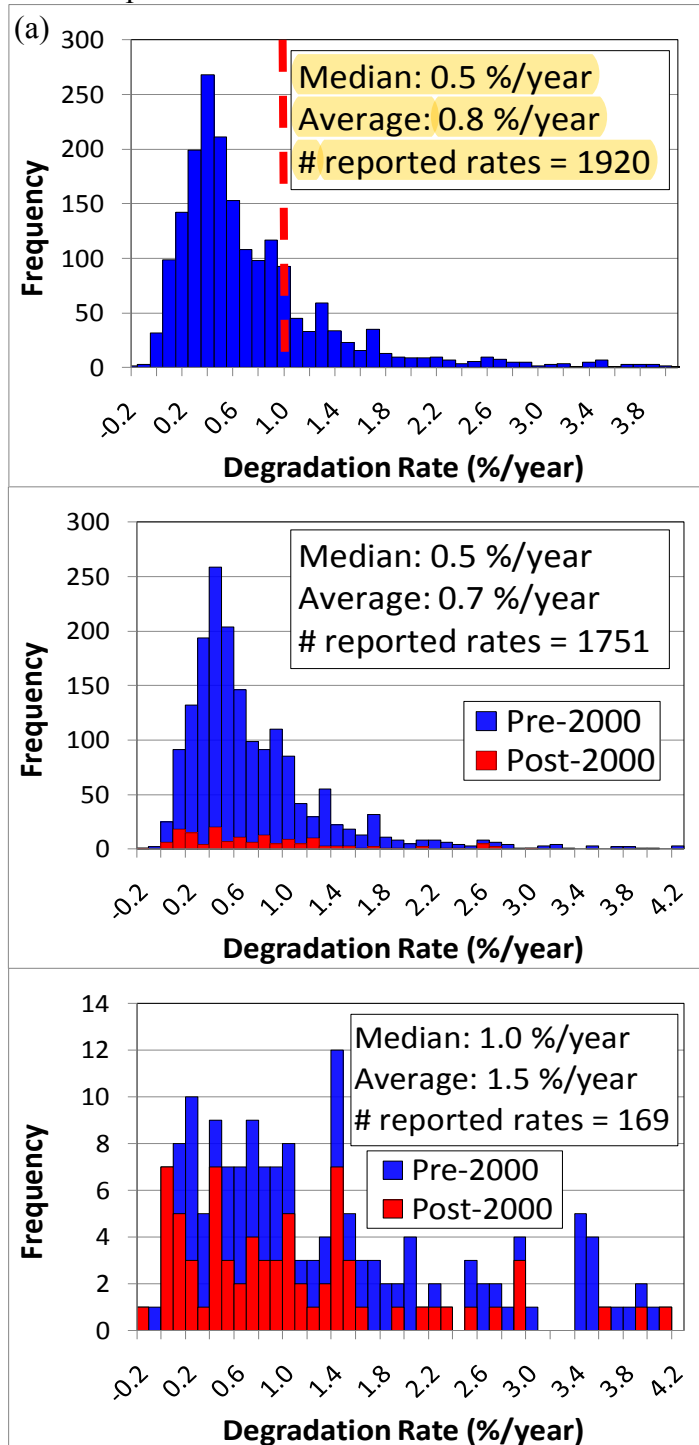
The International Energy Agency established the Photovoltaic Power Systems program in 1993 to enhance international collaboration. Task 2 of this program was dedicated to the performance, reliability, and trend analysis of PV systems. This effort has been continued in Task 13. Degradation information can be found in the technical reports and on the web page of the International Energy Agency (<http://www.iea-pvps.org/>) [61].

# 3. Analysis & Discussion

## 3.1. Synopsis of Degradation Rates

Figure 2 shows a summary histogram of degradation rates reported in this review. The summarized rates are long-term degradation rates and do not include short-term, light-induced degradation. A decrease in performance is defined as a positive degradation rate. Conversely, a negative rate indicates an improvement. Although this histogram needs to be updated frequently as new information becomes available, some general insights can be drawn from it. The distribution is skewed toward high degradation rates with a mean of 0.8%/year and a median of 0.5%/year. The majority of these reported rates, 78% of all data, are below a rate of 1%/year indicated by a red dashed line. In addition, this histogram is remarkably similar to (though slightly narrower than) the assumed degradation rate distribution Darling *et al.* used for their calculations for the levelized cost of energy for PV [62]. In addition, Figures 2(b) and 2(c) show

a similar histogram for crystalline Si-based and thin-film-based technologies, respectively. Color coding is provided to distinguish data from installations prior to the year 2000 and after 2000 indicated by pre-2000 and post-2000.



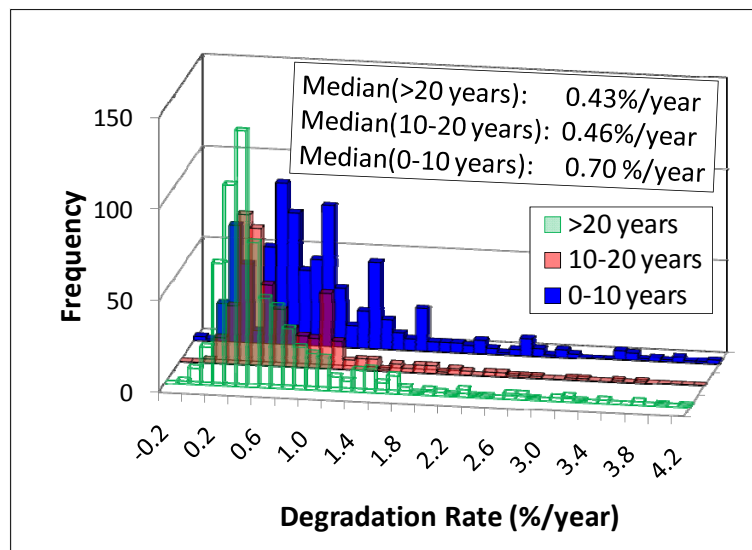
**Figure 2. Histogram of reported degradation rates for all degradation rates (a), for Si only (b), and for thin-film technologies only (c). Median, average and number of reported rates are indicated. In addition, Si and thin-film are color-coded by date of installation into pre-2000 and post-2000.**



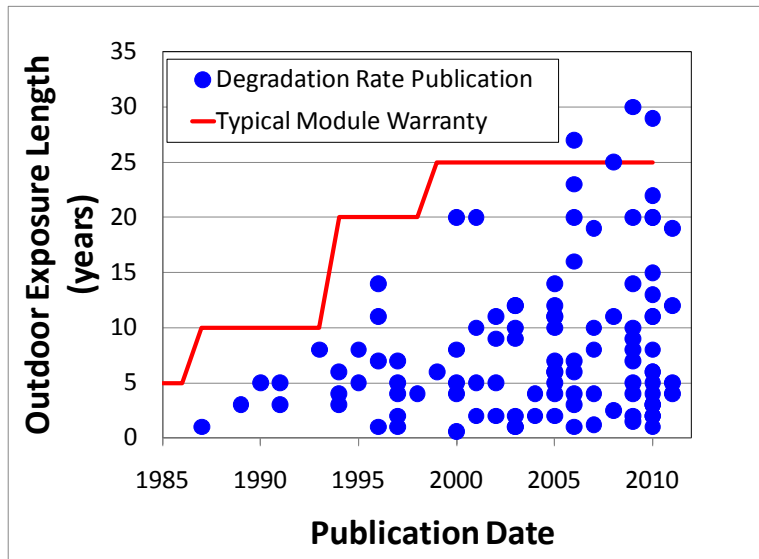
This compilation of degradation rates is a survey of literature results and not a scientific sampling. Modules with high degradation rates are unlikely to be left in the field and reported on as many times as modules with low degradation rates. This effect can be seen in Figure 3, which shows the degradation rates from Figure 2 partitioned by the field exposure length. For studies with monitoring times up to 10 years, it can be seen that the distribution has a much more pronounced tail and a higher median than for field exposure times of more than 10 years.

Although an effort was made to eliminate the impact of short-term light-induced degradation, especially for thin-film technologies included in this review, its influence cannot be completely excluded. In addition, many of the scientific studies include engineering prototypes that would not become commercial products based on the high degradation rates that can be observed in <2 years of deployment. It would be very interesting to create a similar plot only for crystalline Si and thin-film technologies; however, more data points are required, especially for thin films, to make the graph meaningful.

As module durability increased during the last three decades, module warranties increased accordingly. Figure 4 shows the outdoor exposure length versus the publication year. A typical module manufacturer warranty [63], shown for comparison, exceeds the field-testing length for most of the last 25 years. Only in the last 5 years have there been studies that meet or exceed a typical module warranty.

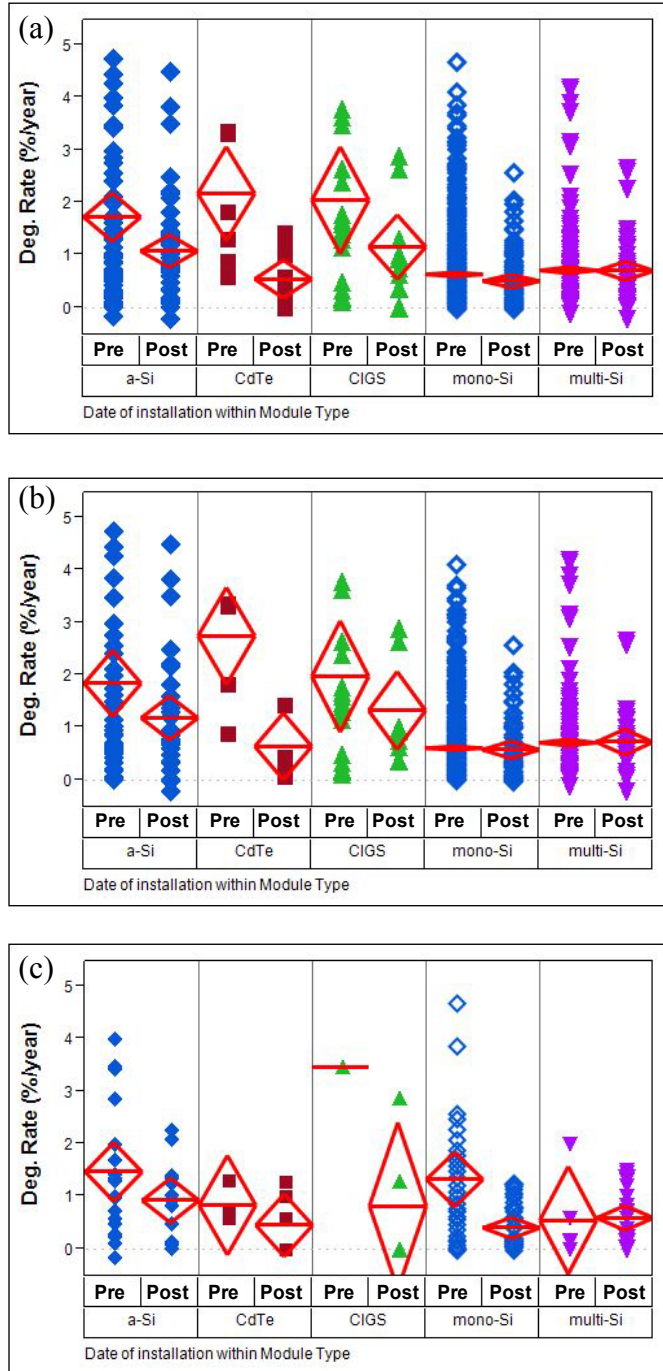


**Figure 3. Degradation rate histogram grouped by outdoor exposure length. The median rate for exposure length up to 10 years is significantly higher than for studies of 10 years and longer.**



**Figure 4. Outdoor field exposure in years versus date of publication. Module warranty from one manufacturer is shown as comparison.**

Further insight can be gained when the individual degradation rates are partitioned by technology and by date of installation, as shown in Figure 5. The denotations “pre” and “post” refer to a date of installation prior to and after the year 2000, respectively. The choice of the year 2000 is somewhat arbitrary and was mostly driven by the decision to have an approximately equal number of data points for each category. The crossbars of the diamonds indicate the mean of each category, and the extent of the diamonds indicates the 95% confidence interval. Figure 5(a) shows the results for all data collected, whereas module-only data and system-only data are given in Figure 5(b) and 5(c), respectively. The crystalline Si technologies show similar low degradation rates for pre-2000 and post-2000 categories for all data and module-only data. However, a one-way analysis of variance reveals a significant decrease in degradation rates from the pre-2000 to post-2000 installations for thin-film technologies. Similarly to the module trends, the systems also show a significant pre-2000 to post-2000 decrease in degradation for all technologies. In addition, a multiway analysis of variance reveals a significant difference between modules and systems for the same time frame only in two categories: the mono-Si and cadmium telluride (CdTe) technology before 2000. Each case demonstrates the confounding effects when comparing module to system degradation. For the mono-Si category (pre-2000), the system degradation is significantly higher than the module degradation. In general, systems degradation will also include balance-of-system effects, which can be most clearly seen for mono-Si (the category with the greatest amount of data).



**Figure 5. Degradation rates partitioned by technology for (a) all data, (b) only modules, and (c) only systems. Dates of installation prior to the year 2000 and after 2000 are indicated by “pre” and “post,” respectively. The crossbars denote the mean for each category, and the diamond, the 95% confidence interval. a-Si, amorphous silicon; CdTe, cadmium telluride; CIGS, copper indium gallium selenide; mono-Si, monocrystalline silicon; multi-Si, multicrystalline silicon.**

In addition, it seems likely that a module investigation would also include a cleaning of the modules, whereas a systems investigation most likely would also include soiling effects. On the other hand, in the CdTe category (pre-2000), the systems degradation rate is much lower than the module degradation. The likely confounding effect revealed here is that module investigations often focus on prototypes, whereas system investigations are more likely comprised of commercial products. The modules were prototype modules from the early to mid-1990s, while the system category consisted of commercially available modules from the late 1990s. This effect may be revealed here because of the small sample size. Table 1 also shows that the outdoor exposure time for pre-2000 modules and systems is considerably longer than for newer investigation, therefore increasing the accuracy for the pre-2000 categories. Another observation that can be made from Table 1 is that before 2000, crystalline Si technologies dominated the literature, whereas after 2000, thin-film technologies have become increasingly common.

Degradation rates have been determined from both continuous and discrete data sets. In the continuous data category are the PVUSA or the performance ratio (PR)[64] methodologies. Both methodologies display strong seasonality that can affect reported rates and uncertainties.  $I-V$  curves are typically taken at discrete time intervals either indoors on a solar simulator or outdoors. Figure 6 shows a pie chart of the methodologies used to determine degradation rates pre-2000 and post-2000. The greatest change is that before 2000, indoor measurements were not very frequently used to determine degradation rates. However, after 2000, that percentage has grown almost to the levels of outdoor  $I-V$  and performance ratio methods. This trend is readily explainable by the more widespread availability of solar simulators. Figure 7 indicates the number of measurements that were taken to measure degradation rates. It is noteworthy that a high percentage of references take only one or two measurements to report degradation rates. This situation is often encountered when baseline measurements were never taken or no longer exist today. Thus, modern measurements need to be compared with the original manufacturer's standard test condition (STC) ratings.<sup>1</sup> This approach can add significant error to the measured degradation rates [65, 66]. The accuracy of STC measurements has significantly improved during the last three decades. A 10% deviation was added to the 759 of the 1920 degradation rates based on original power and the analyses recreated to estimate the impact of more accurate STC measurements on the presented results. The effect is limited to the third significant digit for the median and average in Figures 2 and 3.

An interesting approach to mitigate the problem of one measurement was presented by Becker *et al.* [67] Eight- to 12-year-old arrays were measured for the first time. The following year, another measurement was taken, bringing the total measurements to two and increasing the confidence level over the case where only one measurement was taken. However, such a strategy may not always be practical, especially for systems in remote locations.

Another opportunity for improvement in reporting degradation rates is to place more emphasis on comprehensive uncertainty analysis, as uncertainty is directly correlated to financial risk [2]. In addition, manufacturers often expose their products to tests in addition to the certification procedure. The lack of knowledge as to what accelerated testing modules have been exposed to, prior to outdoor deployment compounds, the difficulty in correlating indoor with outdoor testing.

<sup>1</sup> STC: irradiance = 1000 W/m<sup>2</sup>, air mass = 1.5, module temperature = 25°C.

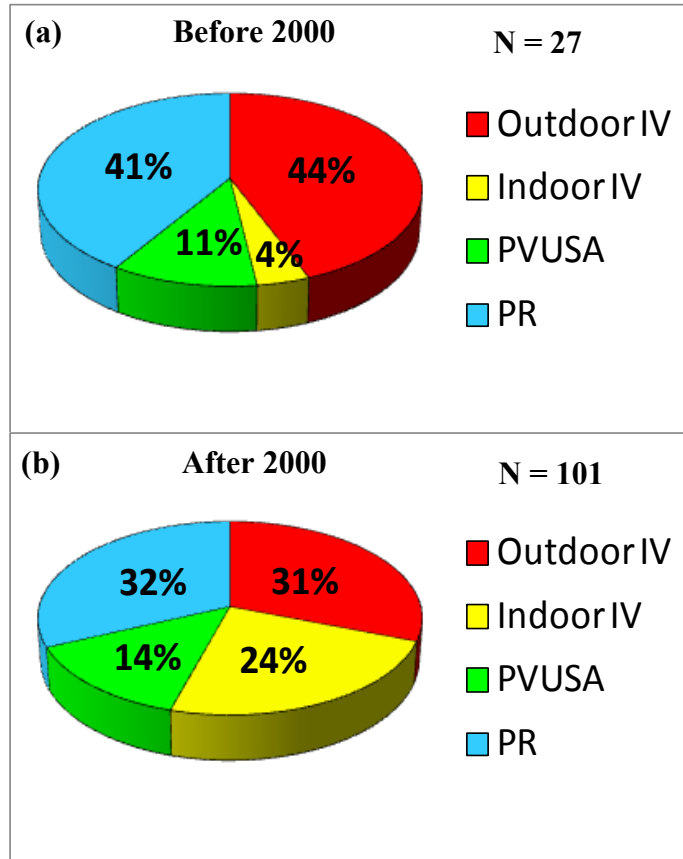


Figure 6. Pie chart of the number of references deploying the indicated methods to determine degradation rates, (a) prior to and (b) following the year 2000. PVUSA, Photovoltaics for Utility Scale Application; PR, performance ratio.

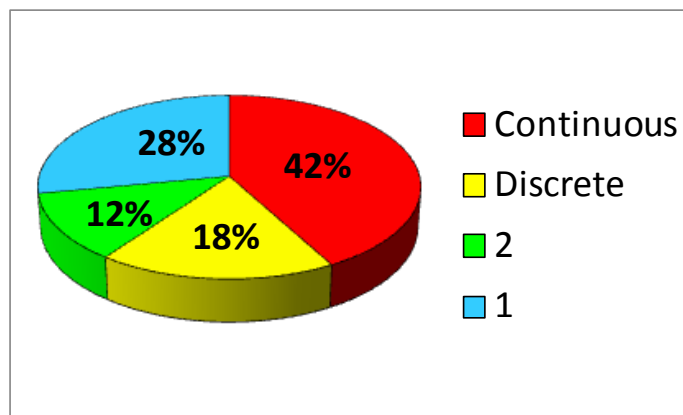


Figure 7. Percentage pie chart indicating the number of measurements taken to determine degradation rates.

## Detailed Bibliography

### Multiple Technologies

Degradation rate studies that compare multiple technologies are of particular interest because they exclude the effect of local conditions. Cereghetti *et al.* reported a relatively low average degradation rate of 0.3%/year for various technologies. However, the outdoor exposure time was less than 2 years [68]. Similar rates for crystalline technologies were found by Eikelboom and Jansen [69]. The exposure time was also relatively short: between 1 and 2 years, although high potential yields for thin-film modules in the Dutch climate are indicated. Osterwald *et al.* reported on a direct module-to-module comparison for various technologies in the same climate for 17 different modules [70]. Degradation rates were calculated from continuous data using the PVUSA method and compared with literature values. Most mono-Si exhibited degradation rates below 1%/year, while thin-film technologies showed rates above 1%/year. Raghuraman *et al.* investigated mono-Si, multi-Si, and a-Si module technologies from eight different manufacturers. Amorphous Si modules showed higher performance scatter [71]. Marion *et al.* not only compared degradation rate results for different technologies but also compared rates obtained using the PVUSA method with rates obtained from the performance ratio [72]. Both methodologies seemed to agree well for different technologies. Granata *et al.* investigated eight systems, and almost all degradation rates were within the experimental uncertainty [73]. Another important lesson learned was that proper commissioning is required to discover improperly installed systems early and prevent reliability issues. This may require sensitive monitoring at the string level. In 2008, Vázquez and Rey-Stolle presented results of reliability modeling based on literature degradation results and demonstrated that a degradation rate of less than 0.5%/year is required to satisfy long-term warranties [74]. Several crystalline and thin-film technologies were compared by Tetsuyuki *et al.* [75]. The multicrystalline silicon modules were found to exhibit systematically smaller degradation rates than the mono-Si modules and substantially lower rates than the a-Si modules. Copper indium gallium selenide (CIGS) modules were found to show a slight improvement over the measuring period of 3 years; the improvement was attributed to light soaking. Vaassen, in 2005, reported on the performance of six modules over 4 years, finding degradation rates slightly below 0.5%/year in the temperate climate of Germany [76]. Similarly, Becker and Bettinger presented results from 36 modules of various technologies with an overall degradation rate of approximately 0.5%/year in the same climate [77]. Makrides *et al.* examined the outdoor performance of several modules and technologies in Cyprus [78, 79]. A substantial difference in results was observed when comparing the PR and the PVUSA methodologies, possibly due to the combination of seasonality and relatively short monitoring time of 2 to 3 years [80]. Jordan *et al.* compared more than 44 modules of various technologies side by side [81]. It was found that technology and date of installation were the most important factors determining degradation rates. Thus, modules were equally divided into modules installed prior to and after the year 2000. While the crystalline Si technologies appear to have stayed at degradation rates below 1%/year, thin-film technologies appear to have improved significantly, although some categories were limited by the small sample size.

Other degradation rate studies containing multiple technologies are more focused on methodology improvement rather than technology comparison. Jordan and Kurtz showed how analytical methods can be employed to reduce seasonal effects and therefore improve accuracy and the required length of monitoring time for multiple technologies [82]. Another important

effect to consider for continuous data collection is the effect of data filtering on the determination of degradation rates. Kimber *et al.* showed that using only sunny days, provided the data size is not greatly reduced, may lead to reduced uncertainty in degradation rates [83]. Zhu *et al.* proposed a different filtering approach based on short-circuit current ( $I_{sc}$ ) as a measure of irradiance [84, 85].

After identification and elimination of outliers, module degradation rates are determined from the evolution of probability density functions instead of averages, thus providing more information on the degradation modes. Pulver *et al.* developed a methodology to determine degradation rates when no local irradiance measurement exists [86]. A number of systems at the same location can be used to calculate degradation rates with respect to an average of all systems. A statistical correction procedure could be used to deduce absolute degradation rates. Additional studies of interest comparing multiple technologies have been reported in Australia [87], France [88], Switzerland [89], South Korea [90], and USA [91].

### **Crystalline Silicon**

Because crystalline Si technology is the oldest module technology, several outdoor studies exceeding 20 years in length can be found [90, 92, 101-105, 107-116, 125, 131, 136]. Quintana *et al.* documented the increased degradation rate for an entire system compared with module degradation for the Natural Bridges National Park PV system in Utah, USA. The module degradation rate for these Block II modules was a remarkable 0.5%/year; however, the system degradation rate was a much higher 2.5%/year, highlighting the above-mentioned balance-of-system and soiling effects in long-term field investigations [92]. Reis *et al.* investigated 192 mono-Si modules in Arcata, CA, USA, over 11 years of exposure and found on average a low 0.4%/year degradation rate. Most of these losses were losses in  $I_{sc}$  [93]. Osterwald *et al.* made similar observations for a set of two monocrystalline and two multicrystalline modules. The rapid initial degradation was attributed to oxygen contamination in the bulk of the Si junction, whereas the slow long-term degradation correlated linearly with ultraviolet exposure. However, it appeared unlikely that the slow loss was due to EVA browning [94]. Morita *et al.* found the increase in series resistance as the cause for degradation [95]. Sakamoto and Oshiro confirmed similar findings through the inspection of more than 2000 modules, 150 of which were studied in more detail. The average degradation rate was less than 0.5%/year with dominant losses in fill factor (FF) and  $I_{sc}$  [96]. Hishikawa *et al.* also reported  $I_{sc}$  losses on 2400 investigated modules in Japan [97]. King *et al.* found a median degradation rate of 0.5%/year in a mono-Si system and traced the decline to the solder joints in the modules [98]. Similarly, Wohlgemuth *et al.*, in an extensive survey of field returns of more than 4000 modules, found that more than 90% of field failures were caused by corrosion and interconnect breakage. High degradation rates in a system were usually due to individual module failures or other electrical components [99, 100]. Dunlop *et al.* initially investigated 40 modules installed at the European Solar Test Installation over the period of 1982–1984 [101, 102]. The analysis was then expanded by Skoczek *et al.* to a total of 204 modules installed between 1982 and 1986 [103-105]. No statistical difference was found between mono-Si and multi-Si technologies; however, modules left in open-circuit conditions exhibited lower degradation rates than modules connected to an inverter. The observation is attributed to the thermomechanical fatigue of the interconnects. Furthermore, modules incorporating silicone encapsulant showed lower degradation than EVA and polyvinyl butyral encapsulants. Glass–glass modules exhibited larger degradation rates than glass–polymer

modules. High degradation rates were attributed to high losses in FF, i.e., significant increases in series resistance, while moderate degradation rates were due to optical losses in  $I_{sc}$ . In addition, visual appearance is not indicative of electrical behavior. Sanchez-Friera *et al.* found a fairly large degradation rate of almost 1%/year over 12 years in Spain, with most of the losses in  $I_{sc}$ . One of the potential loss mechanisms is ascribed to the antireflective coating, in addition to front delamination and inherent junction degradation [106]. Another important question is whether long-term degradation rates are inherently linear or nonlinear. De Lia *et al.* reported on the efficiency degradation of an array in Italy after 22 years of field exposure. The degradation appeared to be linear; however, in a retest of the same array after 30 years, it was found that the failure rates appeared to increase nonlinearly. A similar statement about the degradation rate cannot necessarily be made because of the low number of data points [107-110]. Realini *et al.* reported on a 10-kW system in Southern Switzerland that showed only a small 0.2%/year system degradation after approximately 20 years [111, 112]. Later, Sample provided measurements on the individual modules for the same system [105]. Different climate conditions may have an important influence on degradation rate. Therefore, degradation rate studies from diverse geographical locations are of great interest. Hedström and Palmblad presented data on 20 modules exposed for more than 25 years at a northern latitude in Sweden. The average degradation rate was a remarkably low 0.17%/year [113]. Bing also observed good stability for two separate systems in the similar continental climate of Massachusetts, USA, after more than 20 years [114]. In contrast, Saleh *et al.* found a degradation rate of approximately 1%/year for a stand-alone system in the desert climate of Libya after 30 years [115]. Tang *et al.* found a similar degradation rate for a system of approximately the same age located in the similar climate of Phoenix, AZ, USA [116]. Bogdanski *et al.* reported on a systematic study of crystalline modules in four different climates: the moderate temperate climate of Germany, the alpine climate of the German Alps, the hot and humid climate of Indonesia, and the hot and dry climate of Israel [117]. Evidence indicated that not only weathering but also failure mechanisms are location dependent. The highest degradation rates were observed in the polar/alpine climate, apparently because of high snow and wind loads. It is of interest to note that two other studies of crystalline Si technologies in the polar/alpine climate, one in the Canadian Arctic [118] and the other at a very high altitude in the European Alps, [48] found very low degradation rates. In both cases, the systems were installed in a facade and therefore bear no snow load. Marion and Adelstein found a decline of approximately 1%/year for two separate mono-Si arrays in Golden, CO, USA; most of that loss was attributed to the array. A small part originated from the maximum power tracking of the inverter, highlighting the importance of taking array decline into account for appropriate sizing [119]. Kiefer *et al.* surveyed several sites and found no degradation within the measurement uncertainty. To avoid the influence of seasonality, they only used the data from the same time period of the year for the evaluation [120]. The need for accurate measurements is pointed out by Vignola *et al.*, who observed degradation rates between 0.6% and 1.5%/year in Oregon, USA [121]. Given accurate measurements, a degradation rate of 1%/year may be detected in as little as 2 years. Davis *et al.* determined degradation rates from several systems in Florida, USA, and employed different analytical methods to determine uncertainties [122]. Bunea *et al.* presented results of a side-by-side comparison of an array with and without an antireflective coating. The multiyear stability of the two arrays is comparable within the uncertainty [123].



Alonso-Abella *et al.* measured over 3000 modules from a 1-MW plant near Toledo, Spain, that was mentioned above and estimated degradation rates below 0.5%/year for one type of module and above 1%/year for another [53, 124]. Guastella provided an update on the Vulcano, Italy, plant and found degradation rates close to zero after 20 years of field exposure [125]. Additional studies on mono-Si in diverse geographical locations and climates from Mongolia [126], India [127], Spain [128], Brazil [129, 130], Tunisia [131], Japan [132], South Korea [133, 134], Saudi Arabia [135, 136], and Greece [137] have been reported.

### **Amorphous-Si**

Rüther *et al.* reported on a round-robin study of four dual junction and one triple junction a-Si modules deployed simultaneously at three different sites in three different climates: Colorado and Arizona, USA, and Brazil [138]. Over the course of 4 years, all modules were exposed for 1 year at each of the locations and investigated [139, 140]. Outdoor minimum temperature was found to be the determining factor for long-term stabilized performance. Fanni *et al.* investigated the annealing and degradation processes in flexible triple junction a-Si modules [141]. The degradation depended on the electric load: it was faster in open-circuit conditions than in short-circuit conditions.

Dhere *et al.* examined a triple junction system in the hot and humid climate of Florida, USA. The reported degradation rate was 0.5%/year [142, 143]. Gottschalg *et al.* examined five different dual junction systems in different climate zones [144]. Seasonal effects commonly observed for a-Si systems were not attributed to seasonal annealing effects but due to incident spectra. Adelstein and Sekulic found a degradation rate of approximately 1%/year for a triple junction roof shingle a-Si system over 6 years [145]. The performance was assessed with the PVUSA and PR methods. McNutt *et al.* found a degradation rate above 1%/year after a 1-year stabilization period for a dual junction system that was decommissioned soon afterwards [146, 147]. Gregg *et al.* demonstrated a degradation rate of less than 1%/year for a triple junction system [148]. Davis and Moaveni compared the economics of a mono-Si with an a-Si system in the hot and humid climate of Florida, USA [149]. While the degradation rate for the a-Si system was significantly larger than that for the mono-Si system, lower upfront costs resulted in two closely matched systems. Comparable economics was also pointed out by Osborn for degradation rates below 1%/year [150, 151]. Abete *et al.* reported a fairly high degradation rate for a dual junction a-Si 12-kW system near Torino, Italy. A one-diode model was used to simulate the beginning of life performance as a baseline [152]. Apicella *et al.* reported a degradation rate of approximately 1%/year for a single junction a-Si system in Italy [153]. A much higher rate was found for a microcrystalline Si system, possibly reflecting the maturity of the technology. Pietruszko *et al.* analyzed the performance of a dual junction a-Si system in the continental climate of Poland and observed a degradation rate of less than 1%/year [154]. Dirnberger *et al.* compared the degradation rates of several thin-film systems [155]. Degradation rates were close to zero and within the measurement uncertainty except in the moderate climate of Germany for a CdTe system. Single, double, and triple junction a-Si systems were investigated that displayed the predictable early light-induced degradation. Long-term stability depended more on module type than on technology. Häberlin and Schärff found the performance of several a-Si and a CIGS system comparable with that of mono-Si plants in the same location of Switzerland [156]. Guastella found very small degradation for an a-Si plant in Italy [157], as did Rüther *et al.* for an a-Si system in Brazil [158, 159]. Other long-term tests of interest include comparison of CIGS to

a-Si and of single to triple junction a-Si in South Africa [160, 161] and for single junction a-Si modules in the Kenyan market [162].

### **Copper Indium Gallium Selenide (CIS)**

Tarrant *et al.* reported on CIS systems deployed at different sites in the USA [163]. On the basis of engineering modules, degradation rates were examined with respect to two different frame configurations. Del Cueto *et al.* detailed CIS outdoor stability over two decades, utilizing three different testbeds in Colorado, USA [164]. It was shown that degradation rates can vary significantly depending on module type. The primary loss mechanism appears to be in the FF that is associated with an increase in series resistance. Musikowski and Styczynski demonstrated virtual stability of a CIS array in Germany [165]. The performance was evaluated for different temperature and irradiance windows and showed no measureable degradation after 6 years of operation. A comparable observation was made by Jordan *et al.* at NREL in Colorado, USA [166]. Outdoor observation showed no significant decline after 5 years of operation. This was confirmed by indoor measurements. Only one out of 14 modules showed appreciable degradation owing to an initial manufacturing defect.

### **Cadmium Telluride (CdTe)**

Marion *et al.* analyzed a CdTe system at NREL in Colorado, USA [167]. Individual module efficiencies varied widely, with some improving by more than 10% while others degraded by more than 10% over a 5.5-year test period. However, the overall system degraded by approximately 0.6%/year. Ross *et al.* found a similar degradation rate for a system located in the hot and dry climate of Tucson, AZ, USA, over 3 years [168]. In addition, a system in the moderate climate of Germany was found to be virtually stable. Foster *et al.* found degradation rates ranging from close to zero to 1%/year for several systems installed in a hot and humid climate of Mexico [169].

## **Conclusion**

A history of degradation rates using field tests reported in the literature during the last 40 years has been summarized. Nearly 2000 degradation rates, measured on individual modules or entire systems, have been assembled from the literature and show a mean degradation rate of 0.8%/year and a median value of 0.5%/year. The majority, 78% of all data, reported a degradation rate of <1%/year. Thin-film degradation rates have improved significantly during the last decade, although they are statistically closer to 1%/year than to the 0.5%/year necessary to meet the 25-year commercial warranties. The significant difference between module and system degradation rates observed early on has narrowed, implying that substantial improvement toward the stability of the balance-of-system components has been achieved.

Despite the progress achieved in the last decade, several interesting questions, such as the linearity and the precise impact of climate, have not been satisfactorily answered. Nevertheless, the number of publications on long-term performance has been growing rapidly in recent years, reflecting the importance of the subject. It is the hope of the authors that this trend continues such that the increased information can better guide the development of accelerated tests. Finally, there may now be cumulative field experience to support long-term warranties, both

because there are now products in the field for more than 25 years and because the average degradation rate still allows reasonable performance after 25 years.

## **Acknowledgement**

We would like to thank John Wohlgemuth for the review of the manuscript and the rest of NREL's Reliability group for helpful discussions. This work was supported by the U.S. Department of Energy under Contract No. DE-AC36-08-GO28308 with the National Renewable Energy Laboratory.

**Table 1. Summary of the median degradation rate, number of data points reported, and number of publications partitioned by date of installation, technology, and configuration. “Pre” and “post” refer to installations prior to and post 2000.**

Technology	Configuration	Number of references		No. of Data Points		Median Exposure time (years)		R <sub>d</sub> median (%/year)		Reference
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
a-Si	Module	10	12	45	31	7	2	0.96	0.87	34, 55-57, 61, 71-74, 78, 81-84, 87, 88, 90-92, 141-145, 163-165
	System	14	9	21	14	5	4	1.30	0.95	31, 35-39, 75, 85, 94, 147, 146-162
CdTe	Module	3	4	7	6	3	2	3.33	0.40	61, 73, 81-84, 91, 92
	System	3	2	3	6	10	3	0.69	0.30	75, 85, 170, 171
CIGS	Module	2	6	20	10	8	3	1.44	0.96	71-73, 78, 84, 90, 91, 163, 166, 168, 169
	System	1	5	1	5	4	6	3.50	0.02	89, 158, 159, 169
mono-Si	Module	31	11	1133	55	21	3	0.47	0.36	54, 59-61, 70-74, 77-84, 90-93, 95-99, 102-118, 120, 129-134
	System	19	13	42	37	7	5	0.90	0.23	19-23, 30-33, 46-49, 51-54, 62, 75, 76, 86, 89, 94, 95, 100, 101, 113, 119, 121-128, 135-139
multi-Si	Module	15	9	409	36	10	3	0.61	0.64	50, 51, 57, 59, 61, 71, 74, 78-84, 90, 92, 97-99, 102-108, 117, 120, 129
	System	6	8	5	21	9	5	0.60	0.59	31, 47, 51, 62, 63, 76, 85, 86, 89, 94, 123-125, 129, 140

## References

1. Short W, Packey DJ, Holt T. A manual for the economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies, *Report NREL/TP-462-5173*, March 1995.
2. Jordan DC. Methods for analysis of outdoor performance data. *NREL PV Module Reliability Workshop*, Golden CO, USA, February 2011. <http://www.nrel.gov/pv/pvmrw.html>
3. Meeker WQ, Escobar LA. *Statistical Methods for Reliability Data*. John Wiley & Sons: New York, 1998. ISBN: [0-471-14328-6](https://doi.org/10.1002/9780471143286).
4. Chapin DM, Fuller CS, Pearson PL. A new silicon p–n junction photocell for converting solar radiation into electric power. *Journal of Applied Physics* 1954; **25**: 676–677.
5. Green MA. Silicon photovoltaic modules: a brief history of the first 50 years. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 2005; **13**: 447–455. DOI: [10.1002/pip.612](https://doi.org/10.1002/pip.612).
6. Loferski JJ. The first forty years: a brief history of the modern photovoltaic. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 1993; **1**: 67–78. DOI: [10.1002/pip.4670010109](https://doi.org/10.1002/pip.4670010109).
7. Noran D. Solar energy used for production applications. *Oil and Gas Journal* 1978; **76**: 80–90.
8. Perlin J. *From Space to Earth*. Aatec Publications: Ann Arbor, MI, 1999. ISBN: [10: 9780937948149](https://doi.org/10.9780937948149).
9. Jaffe P, Weaver RW, Lee RE. FSA Field Test Annual Report August 1980–August 1981, *Report DOE/JPL-1012-59*, December 1981.
10. Ross RG, Jr., Smokler MI. Flat-Plate Solar Array Project Final Report, *Report DOE/JPL-1012-125*, October 1986.
11. Fehner TR, Holl JM. *Department of Energy, 1977–1994: a summary history, United States*. Department of Energy, November 1994.
12. Smokler MI, Otth DH, Ross RG, Jr. The Block program approach to photovoltaic module development. *Proceedings of the 18th IEEE PV Specialists Conference*, Las Vegas, NV, USA, 1985; 1150–1158.
13. Osterwald CR, McMahon TJ. History of accelerated and qualification testing of terrestrial photovoltaic modules: a literature review. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 2009; **17**: 11–33. DOI: [10.1002/pip.861](https://doi.org/10.1002/pip.861).
14. International Electrotechnical Commission. International Electrotechnical Commission (IEC) 61215. Crystalline silicon terrestrial photovoltaic modules—design qualification and type approval, 2nd edn, 2005.
15. Pope MD, Matlin RW. Field test of photovoltaic power systems. *Proceedings of the 1st European PV Solar Energy Conference*, Luxembourg, Luxembourg, 1977; 790–800.
16. Anagnostou AF. Endurance testing of first generation (Block I) commercial solar cell modules. *Proceedings of the 13th IEEE PV Specialists Conference*, Washington, DC, USA, 1978; 843–846.
17. Forman SE, Themelis MP. Performance and reliability of photovoltaic modules at various MIT LL test sites. *Proceedings of the 14th IEEE PV Specialists Conference*, San Diego, CA, USA, 1980; 1284–1289.
18. Forman SE. Field testing and evaluation of PV module performance. *Proceedings of the 13th IEEE PV Specialists Conference*, Washington, DC, USA, 1978; 41–46.
19. Roesler JD, Faehn DD, Suelzle LR. Analysis of a 60 kW PV power plant after the first year of operation. *Proceedings of the 3rd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Cannes, France 1980; 505–512.

20. Wenger HJ, Schaefer J, Rosenthal A, Hammond B, Schlueter L. Decline of the Carrisa Plains PV power plant: the impact of concentrating sunlight on flat plates. *Proceedings of the 22nd IEEE PV Specialists Conference*, Las Vegas, NV, USA, 1991; 586–592. DOI: [10.1109/PVSC.1991.169280](https://doi.org/10.1109/PVSC.1991.169280).
21. Wenger HJ, Jennings C, Iannucci JJ. Carrisa Plains PV power plant performance, *Proceedings of the 21st IEEE PV Specialists Conference*, Kissimmee, FL, USA, 1990; 844–849. DOI: [10.1109/PVSC.1990.111740](https://doi.org/10.1109/PVSC.1990.111740).
22. Rosenthal AL, Lane CG. Field test results for the 6MW Carrizo solar photovoltaic power plant. *Solar Cells* 1991; **30**: 563–571.
23. Wohlgemuth JH, Petersen RC. Reliability of EVA modules. *Proceedings of the 23rd IEEE PV Specialists Conference*, Louisville, KY, USA, 1993; 1090–1094. DOI: [10.1109/PVSC.1993.346972](https://doi.org/10.1109/PVSC.1993.346972).
24. Steele R. 1989–1990 PVUSA Progress Report, Report DOE/AL/45807-T14. DOI: [10.2172/10163193](https://doi.org/10.2172/10163193).
25. Jennings C, Farmer B, Townsend T, Hutchinson P, Reyes T, Whitaker C, Gough J, Shipman D, Stolte W, Wenger H, Hoff T. PVUSA—the first decade of experience. *Proceedings of the 25th IEEE PV Specialists Conference*, Washington DC, 1996; 1513–1516. DOI: [10.1109/PVSC.1996.564424](https://doi.org/10.1109/PVSC.1996.564424).
26. Hester SL, Townsend TU, Clements WT, Stolte WJ. PVUSA: lessons learned from startup and early operation. *Proceedings of the 21st IEEE PV Specialists Conference*, Kissimmee, FL, USA, 1990; 937–943. DOI: [10.1109/PVSC.1990.111757](https://doi.org/10.1109/PVSC.1990.111757).
27. Jennings C. PV module performance at PG&E. *Proceedings of the 20th IEEE PV Specialists Conference*, Las Vegas, NV, 1988; 1225–1229.
28. Weinberg CJ. PG&E research, development, demonstration, and future options for photovoltaic technology: an overview. *Proceedings of the 4th International PV Science and Engineering Conference*, Sydney, Australia, 1989; 189–195.
29. Jennings C, Whitaker C. PV module performance outdoors at PG&E. *Proceedings of the 21st IEEE PV Specialists Conference*, Kissimmee, FL, USA, 1990; 1023–1029. DOI: [10.1109/PVSC.1990.111773](https://doi.org/10.1109/PVSC.1990.111773).
30. Townsend T. Emerging photovoltaic module technologies at PVUSA: a five-year assessment, *PG&E R&D Report 007.5-94.10*, Department of Energy Cooperative Agreement No. DE-FC04-92AL82993, April 1995.
31. Rosenthal AL, Thomas MG, Durand SJ. A ten year review of performance of photovoltaic systems. *Proceedings of the 23rd IEEE PV Specialists Conference*, Louisville, KY, USA, 1993; 1289–1291. DOI: [10.1109/PVSC.1993.346934](https://doi.org/10.1109/PVSC.1993.346934).
32. Atmaram GH, Ventre GG, Maytrott CW, Dunlop JP, Swamy R. Long-term performance and reliability of crystalline silicon PV modules. *Proceedings of the 25th IEEE PV Specialists Conference*, Washington, DC, 1996; 1279–1282.
33. DeBlasio R, Waddington D, Mrig L. Outdoor performance and stability testing of thin film devices. *Solar Cells* 1987; **21**: 343–351.
34. Hahn MJ, Berry WB, Mrig L. Comparative short term/long term field test performance and stability of tandem and single junction a-Si modules. *Proceedings of the 21st IEEE PV Specialists Conference*, Kissimmee, FL, USA, 1990; 1057–1061. DOI: [10.1109/PVSC.1990.111779](https://doi.org/10.1109/PVSC.1990.111779).
35. Pratt RG, Burdick J. Performance of a 4kW amorphous-silicon alloy photovoltaic array at Oakland Community College, Auburn Hills, Michigan. *Proceedings of the 20th IEEE PV*

- Specialists Conference*, Las Vegas, NV, USA, 1988; 1272–1277. DOI:[10.1109/PVSC.1988.105909](https://doi.org/10.1109/PVSC.1988.105909).
36. Pratt RG. Two year performance evaluations of a 4 kW amorphous-silicon PV system in Michigan. *Solar Cells* 1990; **28**: 163–176.
  37. Pratt RG. Three year performance and reliability of a 4 kW amorphous-silicon PV system in Michigan. *Solar Cells* 1991; **30**:535–547.
  38. Kroposki B, Hansen R. Technical evaluation of four amorphous silicon systems at NREL. *Proceedings of the 26th PV Specialists Conference*, Anaheim, CA, 1997; 1357–1360. DOI: [10.1109/PVSC.1997.654342](https://doi.org/10.1109/PVSC.1997.654342).
  39. Imamura MS, Helm P, Palz W. *Photovoltaic system technology—a European handbook*. HS Stephens & Associates: Bedford, England, 1992. ISBN: [0-9510271-9-0](https://www.isbn-international.org/product/0-9510271-9-0).
  40. Blaesser G. PV system measurements and monitoring—the European experience. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 1997;**47**: 167–176.
  41. JRC Ispra—A 50 Year Pictorial History, Report JRC49907, April 2009. ISBN: [978-92-79-09696-9](https://www.isbn-international.org/product/978-92-79-09696-9).  
[http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm?id=2820&dt\\_code=HLN&obj\\_id=327&lang=en](http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm?id=2820&dt_code=HLN&obj_id=327&lang=en).
  42. Gillett WB, Hacker RJ, Kaut W. Photovoltaic demonstration projects 2. *Proceedings of the 3rd Contractor Meeting*, Commission of the European Communities, Directorate General for Energy. Elsevier Science: London and New York, 1989. ISBN: [1-85166-379-7](https://www.isbn-international.org/product/1-85166-379-7).
  43. Guidelines for PV System Monitoring (Issue 3). CEC, Joint Research Centre, Ispra, November 1987.
  44. Kaut W, Blaesser G, Gillett WB. Recent results from the CEC PV demonstration programme. *Proceedings of the 9th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Freiburg, Germany, 1989; 911–916.
  45. Nentwich A, Schneeberger M, Szeless A, Wilk H. 30 kW photovoltaic plant in the alps of Austria. *Proceedings of the 10th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Lisbon, Portugal, 1991; 766–770.
  46. Wilk H, Szeless A, Beck A, Meier H, Heikkilä M, Nyman C. Eureka Project EU 333 Alpsolar. *Proceedings of the 12th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Amsterdam, The Netherlands, 1994; 854–858.
  47. Häberlin H, Beutler C. Highest grid connected PV plant in the world at Jungfrauoch (3545 m): excellent performance in the first two years of operation. *Proceedings of the 13th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Nice, France, 1995; 969–972.
  48. Häberlin H, Renken C. Grid Connected PV Plant Jungfrauoch (3454 m) in the Swiss Alps: Results of more than four Years of trouble-free Operation. *Proceedings of the 2nd World Conference on PV Solar Energy Conversion*, Vienna, Austria, 1998; 1–4.
  49. Berman D, Biryukov S, Faiman D. EVA laminate browning after 5 years in a grid-connected, mirror-assisted, photovoltaic system in the Negev desert: effect on module efficiency. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 1995; **36**: 421–432.
  50. Previ A, Iliceto A, Belli G, Buonarota A, Guastella S, Patane R. Long term operational experience at Vulcano PV plant. *Proceedings of the 13th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Nice, France, 1995; 351–355.
  51. Nyman C. Photovoltaics in Finland. *Proceedings of the 14th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Barcelona, Spain, 1997; 1145–1147.
  52. Renken C, Häberlin H. Langzeitverhalten von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen, Final report, *BFE-Project Nr. DIS 19490/59074*, November 1999.

53. Mukadam K, Chenlo F, Rebollo L, Matas A, Zarauza L, Valera P, Garcia P. Three years of operation and experience of the 1 MW photovoltaic plant. *Proceedings of the 14th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Barcelona, Spain, 1997; 705–708.
54. Takigawa K, Kobayashi H, Takeda Y. A field evaluation of power efficiency degradation on amorphous PV modules. *Proceedings of the 4th International PV Science and Engineering Conference*, Sydney, Australia, 1989; 777–782.
55. Fukae K, Lim CC, Tamechika M, Takehara N, Saito K, Kajita I, Kondo E. Outdoor performance of triple stacked a-Si photovoltaic module in various geographical locations and climates. *Proceedings of the 25th PV Specialists Conference*, Washington, D.C., USA, 1996; 1227–1230. DOI: [10.1109/PVSC.1996.564353](https://doi.org/10.1109/PVSC.1996.564353).
56. Akhmad K, Kitamura A, Yamamoto F, Okamoto H, Takakura H, Hamakawa Y. Outdoor performance of amorphous silicon and polycrystalline silicon PV modules. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 1997; **46**: 209–218.
57. Ikisawa M, Nakano A, Igari S, Terashima H. Outdoor exposure tests of photovoltaic modules in Japan and overseas. *Renewable Energy* 1998; **14**: 95–100.
58. Machida K, Yamazaki T, Hirasawa T. Secular degradation of crystalline photovoltaic modules. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 1997; **47**: 149–153.
59. Muirhead IJ, Hawkins BK. An assessment of photovoltaic power in the Telstra network. *Solar '95—Proceedings of the Annual Conference of the Australian and New Zealand Solar Energy Society*, Hobart, Australia, 1995; 493–500.
60. Hawkins BK, Muirhead IJ. Long term evaluation of new technology photovoltaic modules. *Proceedings of the 9th International Photovoltaic Science and Engineering Conference*, Miyazaki, Japan, 1996.
61. Jahn U, Nasse W. Analysis of long-term performance and reliability of PV systems, IEA-PVPS Task 2 Report, September 2003.
62. Darling SB, You F, Veselka T, Velosa A. Assumptions and the levelized cost of energy for photovoltaics. *Energy & Environmental Science* 2011. DOI: [10.1039/c0ee00698j](https://doi.org/10.1039/c0ee00698j)
63. Wohlgemuth JH. Long term photovoltaic module reliability, *NCPV and Solar Program Review Meeting*, Denver, CO, USA, *NREL/CD-520-33586*, 2003; 179–183.
64. International Electrotechnical Commission (IEC). IEC Standard 61724. Photovoltaic system performance monitoring—guidelines for measurement, data exchange, and analysis, Geneva, Switzerland, 1998.
65. Ransome S. Modelling inaccuracies of PV energy yield simulations. *Proceedings of the 33rd PV Specialists Conference*, San Diego, CA, USA, 2008; 1–5. DOI: [10.1109/PVSC.2008.4922864](https://doi.org/10.1109/PVSC.2008.4922864).
66. Ransome S. A review of kWh/kWp measurements, analysis and modelling. *Proceedings of the 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2008; 2795–2800.
67. Becker G, Schiebelsberger B, Weber W, Bettinger H. Degradation measurements of aged PV modules. *Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Milan, Italy, 2007; 2590–2592.
68. Cereghetti N, Burá E, Chianesse D, Friesen G, Realini A, Rezzonico S. Power and energy production of PV modules statistical considerations of 10 years of activity. *Proceedings of the 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Osaka, Japan, 2003; 1919–1922.



69. Eikelboom JA, Jansen MJ. Characterisation of PV modules of new generations, results of tests and simulations, Netherlands Energy Research Foundation (ECN), Report code: ECN-C-00-067, June 2000.
70. Osterwald CR, Adelstein J, del Cueto JAD, Kroposki B, Trudell D, Moriarty T. Comparison of degradation rates of individual modules held at maximum power. *Proceedings of the 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Waikoloa, HI, 2006: 2085–2088. DOI: [10.1109/WCPEC.2006.279914](https://doi.org/10.1109/WCPEC.2006.279914).
71. Raghuraman B, Lakshman V, Kuitche J, Shisler W, TamizhMani G, Kapoor H. An overview of SMUD's outdoor photovoltaic test program at Arizona State University. *Proceedings of the 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Waikoloa, HI, USA, 2006; 2214–2216. DOI: [10.1109/WCPEC.2006.279948](https://doi.org/10.1109/WCPEC.2006.279948).
72. Marion B, Adelstein J, Boyle K, Hayden H, Hammond B, Fletcher T, Canada B, Narang D, Kimber A, Mitchell L, Rich G, Townsend T. Performance parameters for grid-connected PV systems. *Proceedings of the 31st PV Specialists Conference*, Lake Buena, FL, USA, 2005; 1601–1606. DOI: [10.1109/PVSC.2005.1488451](https://doi.org/10.1109/PVSC.2005.1488451).
73. Granata JE, Boyson WE, Kratochvil JA, Quintana MA. Long-term performance and reliability assessment of 8 PV arrays at Sandia National Laboratories. *Proceedings of the 34th PV Specialists Conference*, Philadelphia, PA, USA, 2009; 1486–1491. DOI: [10.1109/PVSC.2009.5411336](https://doi.org/10.1109/PVSC.2009.5411336).
74. Vázquez M, Rey-Stolle I. Photovoltaic module reliability model based on field degradation studies. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 2008; **16**: 419–433. DOI: [10.1002/pip.825](https://doi.org/10.1002/pip.825).
75. Tetsuyuki I, Takashima T, Otani K. Long-term performance degradation of various kinds of photovoltaic modules under moderate climatic conditions. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 2011; **19**: 170–179. DOI: [10.1002/pip.1005](https://doi.org/10.1002/pip.1005).
76. Vaassen W. Qualitätsmerkmale photovoltaischer Module. *Proceedings of the 6th Symposium Photovoltaïque National*, Geneva, Switzerland, November 2005.
77. Becker G, Bettinger H. Degradationsmessungen, Solarenergieförderverein Bayern e.V., München, 2005. IBB-SOLAR, <http://www.sev-bayern.de/index.php?entryid=14>
78. Makrides G, Zinsser B, Norton M, Georghiou GE, Schubert MB, Werner JH. Outdoor performance evaluation of grid-connected PV technologies in Cyprus. *Journal of Energy & Power Engineering* 2010; **4**: 52–57.
79. Makrides G, Zinsser B, Georghiou GE, Schubert M, Werner JH. Degradation of different photovoltaic technologies under field conditions. *Proceedings of the 35th IEEE PV Specialists Conference*, Honolulu, HI, USA, 2010; 2332–2337. DOI: [10.1109/PVSC.2010.5614439](https://doi.org/10.1109/PVSC.2010.5614439)
80. Makrides G, private communication.
81. Jordan DC, Smith RM, Osterwald CR, Gelak E, Kurtz SR. Outdoor PV degradation comparison. *Proceedings of the 35th IEEE PV Specialists Conference*, Honolulu, HI, USA, 2010; 2694–2697. DOI: [10.1109/PVSC.2010.5616925](https://doi.org/10.1109/PVSC.2010.5616925).
82. Jordan DC, Kurtz SR. Analytical improvements in PV degradation rate determination. *Proceedings of the 35th IEEE PV Specialists Conference*, Honolulu, HI, USA, 2010; 2688–2693. DOI: [10.1109/PVSC.2010.5617074](https://doi.org/10.1109/PVSC.2010.5617074).
83. Kimber A, Dierauf T, Mitchell L, Whitaker C, Townsend T, NewMiller J, King D, Granata J, Emery K, Osterwald C, Myers D, Marion B, Pligavko A, Panchula A, Levitsky T, Forbess J, Talmud F. Improved test method to verify the power rating of a photovoltaic (PV)

- project. *Proceedings of the 34th IEEE PV Specialists Conference*, Philadelphia, PA, USA, 2009; 316–321. DOI: [10.1109/PVSC.2009.5411670](https://doi.org/10.1109/PVSC.2009.5411670).
84. Zhu J, Qiu Y, Betts TR, Gottschalg R. Outlier identification in outdoor measurement data—effects of different strategies on the performance descriptors of photovoltaic modules. *Proceedings of the 34th IEEE PV Specialists Conference*, Philadelphia, PA, USA, 2009; 828–833. DOI: [10.1109/PVSC.2009.5411160](https://doi.org/10.1109/PVSC.2009.5411160).
  85. Zhu J, Qiu Y, Betts TR, Gottschalg R. Effects of different data collection strategies on outdoor performance measurements and degradation. *Proceedings of the 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Hamburg, Germany, 2009; 3439–3445. DOI: [10.4229/24thEUPVSEC2009-4AV.3.45](https://doi.org/10.4229/24thEUPVSEC2009-4AV.3.45).
  86. Pulver S, Cormode D, Cronin A, Jordan D, Kurtz S, Smith R. Measuring degradation rates without irradiance data. *Proceedings of the 35th IEEE PV Specialists Conference*, Honolulu, HI, USA, 2010; 1271–1276. DOI: [10.1109/PVSC.2010.5614208](https://doi.org/10.1109/PVSC.2010.5614208).
  87. Carr AJ, Pryor TL. A comparison of the performance of different PV module types in temperate climates. *Solar Energy* 2004; **76**:285–294. DOI: [10.1016/j.solener.2003.07.026](https://doi.org/10.1016/j.solener.2003.07.026).
  88. Merten S. In situ monitoring of outdoor degradation with Variable Illumination Measurements, *European Photovoltaic Industry Association*, IP Performance Final Forum, Malaga, Spain, December 2009.
  89. Chianese D, Friesen G, Pasinelli P, Pola I, Realini A, Cereghetti N, Bernasconi A. Direct performance comparison of PV modules. *Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Milan, Italy, 2007; 2758–2762.
  90. Kang GH, Kim KS, Song HE, Yu GJ, Ahn HK, Han DY. Investigation of Aging Phenomenon and Power Drop Rate with Field Exposed PV Modules. *Proceedings of the 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2010; 4015–4018. DOI: [10.4229/25thEUPVSEC2010-4AV.3.17](https://doi.org/10.4229/25thEUPVSEC2010-4AV.3.17).
  91. Ochsner H, Elliot C, Simons G, Scheuermann K. Observed performance degradation over five years for a-Si and crystalline PV systems in California. *Proceedings of the 38th American Solar Energy Society Annual Solar Conference*, Buffalo, NY, USA, 2009.
  92. Quintana MA, King DL, Hosking FM, Kratochvil JA, Johnson RW, Hansen BR, Dhare NG, Pandit MB. Diagnostic analysis of silicon photovoltaic modules after 20-year field exposure. *Proceedings of the 28th PV Specialists Conference*, Anchorage, AK, USA, 2000; 1420–1423. DOI: [10.1109/PVSC.2000.916159](https://doi.org/10.1109/PVSC.2000.916159).
  93. Reis AM, Coleman NT, Marshall MW, Lehman PA, Chamberlin, CE. Comparison of PV module performance before and after 11-years of field exposure. *Proceedings of the 29th PV Specialists Conference*, New Orleans, LA, USA, 2002; 1432–1435. DOI: [10.1109/PVSC.2002.1190878](https://doi.org/10.1109/PVSC.2002.1190878).
  94. Osterwald CR, Anderberg A, Rummel S, Ottoson L. Degradation analysis of weathered crystalline-silicon PV modules. *Proceedings of the 29th PV Specialists Conference*, New Orleans, LA, USA, 2002; 1392–1395. DOI: [10.1109/PVSC.2002.1190869](https://doi.org/10.1109/PVSC.2002.1190869).
  95. Morita K, Inoue T, Kato H, Tsuda I, Hishikawa Y. Degradation factor analysis of crystalline-Si PV modules through long-term field exposure test. *Proceedings of the 3rd Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Osaka, Japan, 2003; 1948–1951.
  96. Sakamoto S, Oshiro T. Field test results on the stability of crystalline silicon photovoltaic modules manufactured in the 1990s. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Osaka, Japan, 2003; 1888–1891.

97. Hishikawa Y, Morita K, Sakamoto S, Oshiro T. Field test results on the stability of 2400 photovoltaic modules manufactured in 1990s. *Proceedings of the 29th PV Specialists Conference*, New Orleans, LA, USA, 2002; 1687–1690. DOI: [10.1109/PVSC.2002.1190944](https://doi.org/10.1109/PVSC.2002.1190944)
98. King DL, Quintana MA, Kratochvil JA, Ellibee DE, Hansen BR. Photovoltaic module performance and durability following long-term field exposure. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 2000; **8**: 241–256.
99. Wohlgemuth JH, Cunningham DW, Nguyen AM, Miller J. Long term reliability of PV modules. *Proceedings of the 20th European PV Solar Energy Conference*, Barcelona, Spain, 2005; 1942–1948.
100. TamizhMani MG, Performance losses and reliability of photovoltaic modules, *International PV Reliability Workshop*, Tempe, AZ, USA, July 2009, [http://www1.eere.energy.gov/solar/international\\_reliability\\_2009\\_workshop.html](http://www1.eere.energy.gov/solar/international_reliability_2009_workshop.html)
101. Dunlop ED, Halton D, Ossenbrink HA. 20 years of life and more: where is the end of life of a PV module? *Proceedings of the 31st IEEE PV Specialists Conference*, Orlando, FL, USA, 2005; 1593–1596. DOI: [10.1109/PVSC.2005.1488449](https://doi.org/10.1109/PVSC.2005.1488449).
102. Dunlop ED, Halton D. The performance of crystalline silicon photovoltaic solar modules after 22 years of continuous outdoor exposure. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 2006; **14**: 53–64. DOI: [10.1002/pip.627](https://doi.org/10.1002/pip.627).
103. Skoczek A, Sample T, Dunlop ED. The results of performance measurements of field-aged crystalline silicon photovoltaic modules. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 2009; **17**: 227–240. DOI: [10.1002/pip.874](https://doi.org/10.1002/pip.874).
104. Skoczek A, Sample T, Dunlop ED, Ossenbrink HA. Electrical performance results from long-term outdoor weathered modules. *Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Milan, Italy, 2007; 2458–2466.
105. Sample T. Failure modes and degradation rates from field-aged crystalline silicon modules. *NREL PV Module Reliability Workshop*, Golden, CO, USA, February 2011. <http://www.nrel.gov/pv/pvmrw.html>
106. Sanchez-Friera P, Piliouguine M, Pelaez J, Carretero J, Sidrach de Cardona M. Analysis of degradation mechanisms of crystalline silicon PV modules after 12 years of operation in Southern Europe. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 2011;
107. De Lia F, Castello S, Abenante L. Efficiency degradation of c-Si PV modules after 22-year continuous field exposure. *Proceedings of the 3rd World Conference on PV Energy Conversion*, Osaka, Japan, 2003; 2105–2108.
108. Abenante L, De Lia F, Castello S. Modeling of array performance degradation including single-module failure. *Proceedings of the 31st IEEE PV Specialists Conference*, Orlando, FL, USA, 2005; 1702–1705. DOI: [10.1109/PVSC.2005.1488476](https://doi.org/10.1109/PVSC.2005.1488476).
109. Abenante L, De Lia F, Castello S. Long term performance degradation of c-silicon photovoltaic modules in continuous field exposure. *Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Milan, Italy, 2007; 2571–2572.
110. Abenante L, De Lia F, Castello S. Long-term performance degradation of c-Si photovoltaic modules and strings. *Proceedings of the 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2010; 4023–4026. DOI: [10.4229/25thEUPVSEC2010-4AV.3.19](https://doi.org/10.4229/25thEUPVSEC2010-4AV.3.19).
111. Realini A. Mean time before failure of photovoltaic modules, Federal Office for Education and Science, *Final report BBW 99.0579*, June 2003.

112. Realini A, Burá E, Cereghetti N, Chianese D, Rezzonico S, Sample T, Ossenbrink H. Study of a 20 year old PV plant (MTBF project). *Proceedings of the 17th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Munich, Germany, 2001; 447–450.
113. Hedström J, Palmblad L. Performance of old PV modules: measurement of 25 years old crystalline silicon modules, *Elforsk Rapport 06:71*, October 2006.
114. Bing JM. Decades in the installed environment: do silicon modules really last more than 20 years? *NREL PV Module Reliability Workshop*, Golden, CO, USA, February 2010, [http://www1.eere.energy.gov/solar/pv\\_module\\_reliability\\_workshop\\_2010.html](http://www1.eere.energy.gov/solar/pv_module_reliability_workshop_2010.html).
115. Saleh IM, Abouhdima I, Gantrari MB. Performance of thirty years stand alone photovoltaic system. *Proceedings of the 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Hamburg, Germany, 2009; 3995–3998. DOI: [10.4229/24thEUPVSEC2009-5DO.7.6](https://doi.org/10.4229/24thEUPVSEC2009-5DO.7.6).
116. Tang Y, Raghuraman B, Kuitche J, TamizhMani G, Backus CE, Osterwald C. An evaluation of 27+ years old photovoltaic modules operated in a hot-desert climatic condition. *Proceedings of the 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Waikoloa, HI, USA, 2006; 2145–2147. DOI: [10.1109/WCPEC.2006.279929](https://doi.org/10.1109/WCPEC.2006.279929).
117. Bogdanski N, Herrmann W, Reil F, Köhl M, Weiss KA, Heck M. PV reliability (cluster II): results of a German four-year joint project—part II, results of three years module weathering in four different climates. *Proceedings of the 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2010; 4339–4343. DOI: [10.4229/25thEUPVSEC2010-4AV.3.110](https://doi.org/10.4229/25thEUPVSEC2010-4AV.3.110).
118. Poissant Y, Thevenard D, Turcotte D. Performance monitoring of the Nunavut Arctic College PV systems: 9 years of reliable electricity generation, Canada Centre for Mineral and Energy Technology, *Report CETC Number 2004-114*, August 2004.
119. Marion B, Adelstein J. Long-term performance of the SERF PV systems. *Proceedings of the NCPV and Solar Programme Review Meeting*, Denver, 24–26 March 2003; 199–201. NREL/CD-520-33586.
120. Kiefer K, Dirnberger D, Müller B, Heydenreich W, Kröger-Vodde A. A degradation analysis of PV power plants. *Proceedings of the 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2010; 5032–5037. DOI: [10.4229/25thEUPVSEC2010-5BV.4.26](https://doi.org/10.4229/25thEUPVSEC2010-5BV.4.26).
121. Vignola F, Krumsick J, Mavromatakis F, Walwyn R. Measuring degradation of photovoltaic module performance in the field. *Proceedings of the 38th American Solar Energy Society Annual Solar Conference*, Buffalo, NY, USA, 2009.
122. Sorloaica-Hickman N, Davis K, Leyte-Vidal A, Kurtz S, Jordan D. Comparative study of the long-term performance and reliability of three different photovoltaic systems installed in Florida, *NREL PV Module Reliability Workshop*, Golden, CO, USA, February 2010, [http://www1.eere.energy.gov/solar/pv\\_module\\_reliability\\_workshop\\_2010.html](http://www1.eere.energy.gov/solar/pv_module_reliability_workshop_2010.html).
123. Bunea G, Xavier G, Rose D, Nelson L, Peurach J. Performance and reliability of modules with anti-reflective coated glass. *Proceedings of the 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2010; 4103–4106. DOI: [10.4229/25thEUPVSEC2010-4AV.3.44](https://doi.org/10.4229/25thEUPVSEC2010-4AV.3.44).

124. Alonso-Abella M, Chenlo F, Vela N, Chamberlain J, Arroyo R, Alonso Martínez FJ. Toledo PV plant 1MWp—10 years of operation. *Proceedings of the 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Barcelona, Spain, 2005; 2454–2457.
125. Guastella S, Vulcano 80 kW photovoltaic plant technology assessment: more than 20 years of performance evaluation and experience. *Proceedings of the 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, Germany, 2006; 2798–2801.
126. Adiyabat A, Otani K, Enebish, N, Enkhmaa N. Long term performance analysis of PV module in the Gobi Desert of Mongolia. *Proceedings of the 35th IEEE PV Specialists Conference*, Honolulu, HI, USA, 2010; 2656–2659. DOI: [10.1109/PVSC.2010.5617116](https://doi.org/10.1109/PVSC.2010.5617116).
127. Sastry OS, Saurabh S, Shil SK, Pant PC, Kumar R, Kumar A, Bandopadhyay B. Performance analysis of field exposed single crystalline silicon modules. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 2010; **94**; 1463–1468. DOI: [10.1016/j.solmat.2010.03.035](https://doi.org/10.1016/j.solmat.2010.03.035).
128. Coello J, Cornacchia F, Muñoz J. Analysis of the degradation of 735 commercial crystalline silicon modules after first operation year. *Proceedings of the 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2010; 4019–4022. DOI: [10.4229/25thEUPVSEC2010-4AV.3.18](https://doi.org/10.4229/25thEUPVSEC2010-4AV.3.18).
129. Machado Neto LVB, Pereira EMD, Monteiro LG, Arreguy EG. Evaluation of degradation and thermographic analysis of PV modules with 19 years of use in Amazon forest. *Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Milan, Italy, 2007; 2750–2753.
130. de Oliveira SHF, Zilles R. Grid-connected photovoltaic systems: the Brazilian experience and the performance of an installation. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 2001; **9**: 341–347. DOI: [10.1002/pip.384](https://doi.org/10.1002/pip.384).
131. Messaoudi A, Bouazzi AS. Performance of c-Si solar cells after 25 years of operation. *Proceedings of the 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2008; 3554–3557.
132. Otani K, Kato K, Takashima T, Yamaguchi T, Sakuta K. Field experience with large-scale implementation of domestic PV systems and with large PV systems on buildings in Japan. *Progress in Photovoltaics: Research and Application* 2004; **12**: 449–459. DOI: [10.1002/pip.564](https://doi.org/10.1002/pip.564).
133. So JH, Jung YS, Yu GJ, Choi JY, Choi JH. Performance results and analysis of 3 kW grid-connected PV systems. *Renewable Energy* 2007; **32**: 1858–1872.
134. Park JM, Piao ZG, Cho YOGB, Baek HL. Performance evaluation and analysis of 50 kW grid-connected PV system. *Proceedings of the 7th International Conference on Power Electronics*, Daegu, South Korea, 2007; 528–530.
135. Smiai MS, Al-Awaji S. Performance of a 350 kW photovoltaic concentrator field. *Proceedings of the 11th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Montreux, Switzerland, 1992; 134–1342.
136. Alawaji SH. Evaluation of solar energy research and its applications in Saudi Arabia—20 years of experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2001; **5**: 59–77.
137. Kymakis E, Kalykakis S, Papazoglou TM. Performance analysis of a grid connected photovoltaic park on the island of Crete. *Energy Conversion and Management* 2009; **50**: 433–438. DOI: [10.1016/j.enconman.2008.12.009](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.12.009).
138. Rüter R, Tamizh-Mani G, del Cueto J, Adelstein J, Montenegro AA, von Roedern B. Performance test of amorphous silicon modules in different climates: higher minimum

- operating temperatures lead to higher performance levels. *Proceedings of the 3rd World Conference on PV Energy Conversion*, Osaka, Japan, 2003; 2011–2014.
139. Rüther R, Mani G, del Cueto J, Adelstein J, Montenegro A, von Roedem B. Performance test of amorphous silicon modules in different climates—year two: higher minimum operating temperatures lead to higher performance levels. *Proceedings of the 19th European PV Solar Energy Conference*, Paris, France, 2004; 1617–1620.
  140. Rüther R, Tamizh-Mani G, del Cueto J, Adelstein J, Dacoregio MM, von Roedern B. Performance test of amorphous silicon modules in different climates—year three: higher minimum operating temperatures lead to higher performance levels. *Proceedings of the 31st PV Specialists Conference*, Lake Buena Vista, FL, USA, 2005; 1635–1638. DOI: [10.1109/PVSC.2005.1488459](https://doi.org/10.1109/PVSC.2005.1488459).
  141. Fanni L, Pola I, Burà E, Friesen T, Chianese D. Investigation of annealing and degradation effects on a-Si PV modules in real operating conditions. *Proceedings of the 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Hamburg, Germany, 2009; 3596–3599. DOI: [10.4229/24thEUPVSEC2009-4AV.3.92](https://doi.org/10.4229/24thEUPVSEC2009-4AV.3.92).
  142. Dhere NG, Pethe SA, Kaul A. Photovoltaic module reliability studies at the Florida Solar Energy Center. *Reliability Physics Symposium (IRPS) 2010*; 306–311. DOI: [10.1109/IRPS.2010.5488813](https://doi.org/10.1109/IRPS.2010.5488813).
  143. Dhere NG, Pethe SA, Kaul A. PV module reliability and durability studies at the FSEC PV Materials Lab, *NREL PV Module Reliability Workshop*, Golden, CO, USA, February 2010, [http://www1.eere.energy.gov/solar/pv\\_module\\_reliability\\_workshop\\_2010.html](http://www1.eere.energy.gov/solar/pv_module_reliability_workshop_2010.html).
  144. Gottschalg R, Jardine CN, Rüther R, Betts TR, Conibeer GJ, Close J, Infield DG, Kearney MJ, Lam KH, Lane K, Pang H, Tscharnner R. Performance of amorphous silicon double junction photovoltaic systems in different climatic zones. *Proceedings of the 29th PV Specialists Conference*, New Orleans, LA, USA, 2002; 1699–1702. DOI: [10.1109/PVSC.2002.1190947](https://doi.org/10.1109/PVSC.2002.1190947).
  145. Adelstein J, Sekulic B. Performance and reliability of a 1-kW amorphous silicon photovoltaic roofing system. *Proceedings of the 31st PV Specialists Conference*, Lake Buena Vista, FL, USA, 2005; 1627–1630. DOI: [10.1109/PVSC.2005.1488457](https://doi.org/10.1109/PVSC.2005.1488457).
  146. McNutt P, Adelstein J, Sekulic W. Performance evaluation of a 1.5-kW a-Si PV array using the PVUSA power rating method at NREL's outdoor test facility, *2005 DOE Solar Energy Technologies Program Review Meeting*, Denver, CO, USA, NREL/CP-520-38971, November 2005.
  147. Adelstein J, Sekulic W. Small PV systems performance evaluation at NREL's outdoor test facility using the PVUSA power rating method, *2005 DOE Solar Energy Technologies Program Review Meeting*, Denver, CO, USA, NREL/CP-520-39135, November 2005.
  148. Gregg A, Blieden R, Chang A, Ng H. Performance analysis of large scale, amorphous silicon, photovoltaic power systems. *Proceedings of the 31st PV Specialists Conference*, Lake Buena Vista, FL, USA, 2005; 1615–1618. DOI: [10.1109/PVSC.2005.1488454](https://doi.org/10.1109/PVSC.2005.1488454).
  149. Davis K, Moaveni H. Effects of module performance and long-term degradation on economics and energy payback: case study of two different photovoltaic technologies. *Proceedings of Society of Photo-optical Instrumentation Engineers (SPIE)*, San Diego, CA, USA, 2009; 7412. DOI: [10.1117/12.830097](https://doi.org/10.1117/12.830097).

150. Osborn DE. Overview of amorphous silicon (a-Si) photovoltaic installations at SMUD. *Proceedings of the 32nd American Solar Energy Society Annual Solar Conference*, Austin, TX, USA, 2003.
151. Osborn DE. Long term field performance of amorphous silicon (a-Si) laminates in large scale photovoltaic deployments. *Proceedings of the 38th American Solar Energy Society Annual Solar Conference*, Buffalo, NY, USA, 2009.
152. Abete A, Scapino F, Spertino F, Tommasini R. Ageing effect on the performance of a-Si photovoltaic modules in a grid connected system: experimental data and simulation results. *Proceedings of the 28th PV Specialists Conference*, Anchorage, AK, USA, 2000; 1587–1590. DOI: [10.1109/PVSC.2000.916201](https://doi.org/10.1109/PVSC.2000.916201).
153. Apicella F, Giglio V, Pellegrino M, Ferlito S, Tanikawa F, Okamoto Y, Thin film modules: long term operational experience in Mediterranean climate. *Proceedings of the 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2008; 3422–3425. DOI: [10.4229/23rdEUPVSEC2008-5BV.2.21](https://doi.org/10.4229/23rdEUPVSEC2008-5BV.2.21).
154. Pietruszko SM, Fetlinski B, Bialecki M. Analysis of the performance of grid connected photovoltaic system. *Proceedings of the 34th IEEE PV Specialist Conference*, Philadelphia, PA, USA, 2009; 48–51. DOI: [10.1109/PVSC.2009.5411757](https://doi.org/10.1109/PVSC.2009.5411757).
155. Dirnberger D, Heydenreich W, Kiefer K. Performance of thin film PV technologies—Fraunhofer ISE experience from field and laboratory measurements. *6th International Thin Film Conference*, Würzburg, Germany, February 2010.
156. Häberlin H, Schärf P. Newtech—3 different thin film PV plants of 1kWp under direct long-term comparison (2002–2009). *Proceedings of the 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2010; 4756–4762. DOI: [10.4229/25thEUPVSEC2010-4BV.1.108](https://doi.org/10.4229/25thEUPVSEC2010-4BV.1.108).
157. Guastella S. Assessment of PV plant performance in Italy. *Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Milan, Italy, 2007; 2884–2888.
158. Rüther R, Knob P, Beyer HG, Dacoregio MM, Montenegro AA. High performance ratios of a double-junction a-Si BIPV grid-connected installation after five years of continuous operation in Brazil. *Proceedings of the 3rd World Conference on PV Energy Conversion*, Osaka, Japan, 2003; 2169–2172.
159. Rüther R, Dacoregio M, Salamoni I, Knob P, Bussemas U. Performance of the first grid-connected, BIPV installation in Brazil over eight years of continuous operation. *Proceedings of the 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, Germany, 2006; 2761–2764.
160. Radue C, van Dyk EE. Degradation analysis of thin film photovoltaic modules. *Physica B: Condensed Matter* 2009; **404**:4449–4451. DOI: [10.1016/j.physb.2009.09.011](https://doi.org/10.1016/j.physb.2009.09.011).
161. Radue C, van Dyk EE. A comparison of degradation in three amorphous silicon PV module technologies. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 2010; **94**: 617–622. DOI: [10.1016/j.solmat.2009.12.009](https://doi.org/10.1016/j.solmat.2009.12.009).
162. Jacobsen A, Kammen DM, Duke R, Hankins M. Field performance measurements of amorphous silicon photovoltaic modules in Kenya. *Proceedings of the 29th American Solar Energy Society*, Madison, WI, USA, 2000.
163. Tarrant DE, Gay RR. Process R&D for CIS-based thin-film PV, Subcontract Report, *NREL/SR-520-38805*, January 2006.

164. del Cueto JA, Rummel S, Kroposki B, Osterwald C, Anderberg A. Stability of CIS/CIGS modules at the outdoor test facility over two decades. *Proceedings of the 33rd PV Specialists Conference*, San Diego, CA, USA, 2008; 1–6. DOI: [10.1109/PVSC.2008.4922772](https://doi.org/10.1109/PVSC.2008.4922772).
165. Musikowski HD, Styczynski AZ. Analysis of the operational behavior and long-term performance of a CIS PV system. *Proceedings of the 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Valencia, Spain, 2010; 3942–3946. DOI: [10.4229/25thEUPVSEC2010-4DO.11.4](https://doi.org/10.4229/25thEUPVSEC2010-4DO.11.4).
166. Jordan DC, Kurtz SR. Thin-film reliability trends toward improved stability. *Proceedings of the 37th PV Specialists Conference*, Seattle, WA, USA, 2011.
167. Marion B, del Cueto J, McNutt P, Rose D. Performance summary for the first solar CdTe 1-kW system, *NREL/CP-520-30942*, Lakewood, CO, USA, October 2001.
168. Ross M, Rich G, Petacci L, Klammer J. Improvement in reliability and energy yield prediction of thin-film CdS/CdTe PV modules. *Proceedings of the 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Waikoloa, HI, 2006; 2148–2151. DOI: [10.1109/WCPEC.2006.279930](https://doi.org/10.1109/WCPEC.2006.279930).
169. Foster RE, Gómez Rocha LM, Gupta VP, Sánchez-Juárez A, Cruz JO, Rosas JC. Field testing of CdTe PV modules in Mexico. *Proceedings of the 35th American Solar Energy Society Annual Solar Conference*, Denver, CO, USA, 2006.



REPUBLICA DE COLOMBIA  
IDENTIFICACION PERSONAL  
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **75.095.726**  
**NOREÑA VARON**

APELLIDOS  
**JUAN CARLOS**

NOMBRES

*Juan Carlos Noreña Varon*  
FIRMA



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO **29-OCT-1980**  
**MANIZALES**  
(CALDAS)  
LUGAR DE NACIMIENTO

**1.79** **B+** **M**  
ESTATURA G.S. RH SEXO

**06-NOV-1998 MANIZALES**  
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

*Carlos Ariel Sanchez Torres*  
REGISTRADOR NACIONAL  
CARLOS ARIEL SANCHEZ TORRES



A-0900100-00207092-M-0075095726-20091231 0019529437A 2 29590987

MINISTERIO NACIONAL DEL ESTADO CIVIL



**Consejo Profesional  
Nacional de Ingenierías  
Eléctrica, Mecánica  
y Profesiones Afines**

Titular **JUAN CARLOS  
NOREÑA VARON**

D.I. **75.095.726**

Ingeniero **ELECTRICISTA**

Matricula **CL205-44712**

Resol. C.P.N. **45/2005**





**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL  
REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS - RETIE**

Yo, **JUAN CARLOS NOREÑA VARÓN**, Ingeniero Electricista con matrícula profesional N° **CL 205 - 44712**, identificado con la CC. N° **75.095.726**, en calidad de diseñador del proyecto: "Implementación de soluciones solares fotovoltaicas para usuarios en la zona rural del municipio de Orito – Putumayo".

Declaro que el diseño eléctrico cumple con todos y cada uno de los requisitos establecidos en el numeral 10.1, Resolución 90795 del 25 de julio de 2014, Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas "RETIE" que le aplican.

Para constancia se firma en la ciudad de Manizales el 03 de noviembre del 2020.

Firma

Nombre: Juan Carlos Noreña Varón C.C.: 75.095.726 M.P.: CL 205-44712

Dirección domicilio: Carrera 23 N° 75 – 25, Ed Bellavista Of. 201 A.

Correo electrónico: gerencia@dicososas.com.co Teléfono: 8962536.



El futuro  
es de todos

Minenergía

**IPSE**

Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
Zonas No Interconectadas

Manizales, Noviembre 3 de 2020.

Señores:

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA**

Por medio de la presente, quien se suscribe, JUAN CARLOS NOREÑA VARÓN, Ingeniero Electricista con matrícula profesional N° CL 205 - 44712, identificado con la CC. N° 75'095.726; Declaro mi conformidad para ceder los derechos como autor del diseño del proyecto: "Implementación de soluciones solares fotovoltaicas para usuarios en la zona rural del municipio de Orito - Putumayo", al Ministerio de Minas y Energía.

En constancia,

**JUAN CARLOS NOREÑA VARÓN**  
**Ingeniero Diseñador**

C.C. N° 75.095.726

M.P.: CL 205-44712

Carrera 23 N° 75 – 25, Ed Bellavista 201A

Teléfono: (57 6) 8962536

Manizales (Caldas)

E-mail: gerencia@dicososas.com.co



El futuro  
es de todos

Minenergía

**IPSE**

Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
Zonas No Interconectadas

# Contrato N° 056 de 2020

---

ANEXO 13B

CÁLCULOS ESTRUCTURALES CIMENTACIÓN -  
SSFVI

**CONTRATANTE: INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN  
DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA  
ZONAS NO INTERCONECTADAS (IPSE)**

**CONTRATISTA: DICOMO S.A.S**

REGION AMAZONIA | 2020

**Sede Principal:** Calle 99 No. 9 A - 54 Torre 3. Piso 14  
PBX: (57 1) 639 7888 - Fax: Ext. 127

**IPSE Centro Nacional de Monitoreo:** (57 1) 6101130

[ipse@ipse.gov.co](mailto:ipse@ipse.gov.co)

Bogotá D.C. – Colombia

 @IPSEnergiaZNI

 @IPSEnergiaZNI

 @IPSEnergiaZNI



## CONTENIDO

<b>1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>5</b>
<b>2. NORMATIVIDAD</b>	<b>5</b>
<b>3. GENERALIDADES</b>	<b>5</b>
<b>4. CARACTERIZACIÓN DE SUELOS</b>	<b>6</b>
4.1. INFORMACIÓN SECUNDARIA	6
4.2. INFORMACIÓN PRIMARIA	12
4.3. CRITERIOS DE DISEÑO Y CAPACIDAD PORTANTE A TENER EN CUENTA	18
<b>5. CALCULO ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN TIPO 1 (2 PANELES)</b>	<b>19</b>
<b>7. CALCULO ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN TIPO 2 (3 PANELES)</b>	<b>26</b>
<b>8. RECOMENDACIÓN SOBRE EL NIVEL FREÁTICO</b>	<b>32</b>
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>32</b>
<b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>32</b>



## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Figura 1 Plancha Macrocuenca Caguán - Putumayo .....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 2 Plancha IGAC 414.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 3. Capacidad portante de estudio secundario .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 4 Coordenadas del punto de toma de apique Orito.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 5. Apique de información primaria tomada en Zona rural de Orito, Putumayo.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 6 UBICACIÓN USUARIOS Fuente : Mapa geológico Colombiano.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 7 Descripción: Abanicos aluviales y depósitos coluviales Fuente : Mapa geológico Colombiano.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 8 Descripción: Lodolitas, arenitas líticas e intercalaciones de conglomerados ferruginosos. Presenta costras de yeso y capas de carbón. Fuente : Mapa geológico Colombiano.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 9 Descripción:Depósitos aluviales y de llanuras aluviales Fuente : Mapa geológico Colombiano.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 10 Descripción: Arcillolitas, limolitas, limolitas arenosas, cuarzoarenitas y litoarenitas lodosas a conglomeráticas; packstone de moluscos y arenitas calcáreas Fuente : Mapa geológico Colombiano .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 11 Descripción: Conglomerados de bloques a guijos con intercalaciones de arcillas y arenitas de grano fino a grueso. Fuente : Mapa geológico Colombiano .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 12 UBICACIÓN MUESTREO Fuente : Mapa geológico Colombiano .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 13. Capacidad portante Máximas recomendadas AIS 114-17.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 14 Ficha técnica Paneles Solares .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 15 Chequeo de volcamiento .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 16. Cálculos estructurales cimentación .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 17. Detalles estructurales cimentación .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 18 Diseño de Pedestal.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 19 Ficha técnica Paneles Solares .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 20 Chequeo de volcamiento .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 21. Cálculos estructurales cimentación .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 22. Detalles estructurales cimentación .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 23 Diseño de Pedestal.....</b>	<b>31</b>



El futuro  
es de todos

Minenergía

# IPSE

*Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
Zonas No Interconectadas*



## 1. Descripción del proyecto

Electrificación rural en los departamentos de Putumayo, en Orito, el proyecto consta de unidades de sistemas solares soportados sobre columna de acero, lo cual requiere el diseño de una cimentación.

## 2. Normatividad

La normatividad aplicable al diseño de cimentación:

- Reglamento Colombiano de Construcción sismo-Resistente NSR-10 Títulos Consultados: A, B, C, E y H.
- AIS 114-17 Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado de tamaño y altura limitado.

## 3. Generalidades

Para la localización de las secciones críticas de momento, cortante y desarrollo del refuerzo de las zapatas, en columnas o pedestales de concreto no cuadrados, la NSR-10 en su artículo C.15.3, permite, por simplicidad, trabajar con columnas o pedestales cuadrados equivalentes en área. Los criterios aceptados para el diseño de zapatas aisladas cuadradas consideran que la zapata trabaja como una losa en una dirección, inicialmente, y luego se coloca el mismo acero en la otra dirección. Esto conduce a un criterio relativamente conservador ya que se diseña como si se cargara dos veces, puesto que en la realidad se trata de una losa con trabajo bidireccional, cuyo cálculo sería más complejo, este método simplificado resulta más apropiado para el trabajo práctico.

### **Consideraciones Sobre la Inclusión del Peso Propio en el Diseño de la Cimentación**

Con respecto a la inclusión o no del peso propio de la cimentación incluyendo el relleno encima de ella se debe tener en cuenta que para efecto de la capacidad de carga del suelo la presión que rodea la cimentación  $\gamma \cdot D_f$ , al nivel de apoyo de la zapata es una presión que debería aumentarse a la capacidad de carga ya que esta es la presión que ha tenido el suelo antes de la aplicación de las nuevas cargas y por lo tanto solo la porción





aplicada en la base de la zapata adicional a esta produce movilización de la resistencia. El peso propio de la cimentación y su relleno expresado en termino de esfuerzos aplicados en la base de la zapata es muy parecido a  $\gamma \cdot D_f$ . Por lo que en la práctica se puede desprestigiar la diferencia no incluyendo el peso de la cimentación en la carga que baja a la columna. En casos específicos en los que se quiera considerar la presión inducida por el peso de la cimentación, se debería adicionar a la capacidad de carga admisible el término  $\gamma \cdot D_f$ , como el caso de alguna combinación de carga en la que resulta una excentricidad considerable. Lo anterior es igualmente valido en el comportamiento de la cimentación por asentamientos, ya que la carga que los produce es únicamente la diferencia entre la original la nueva carga. Dicho en otras palabras, la porción de carga que corresponde al peso propio de la zapata al ser tan similar a la carga que actuaba en el suelo antes de ser cargado, no produce asentamientos; al suelo solo lo afectan las cargas en exceso de las originales.

## 4. Caracterización de suelos

### 4.1. Información secundaria

Según del *Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Orito Año 2002* y de acuerdo con las planchas IGAC 413 y 414 (1:50.000) de la macrocuenca Caguan – Putumayo la geología local de este sector presenta secuencia sedimentaria que rellena la cuenca abarca desde el Paleozoico hasta el Reciente. Durante el Paleozoico Inferior se han reportado sedimentos de margen pasivo, mientras que en el Triásico y Jurásico se han reportado condiciones de rifting. En el Cretáceo Superior - Cenozoico continúa depósito de la secuencia sedimentaria que evidencia el inicio de la deformación compresiva, que se intensifica en el Plioceno. Las estructuras generadas en estos periodos pueden identificarse por su fosilización o por unidades remanentes que las evidencian.

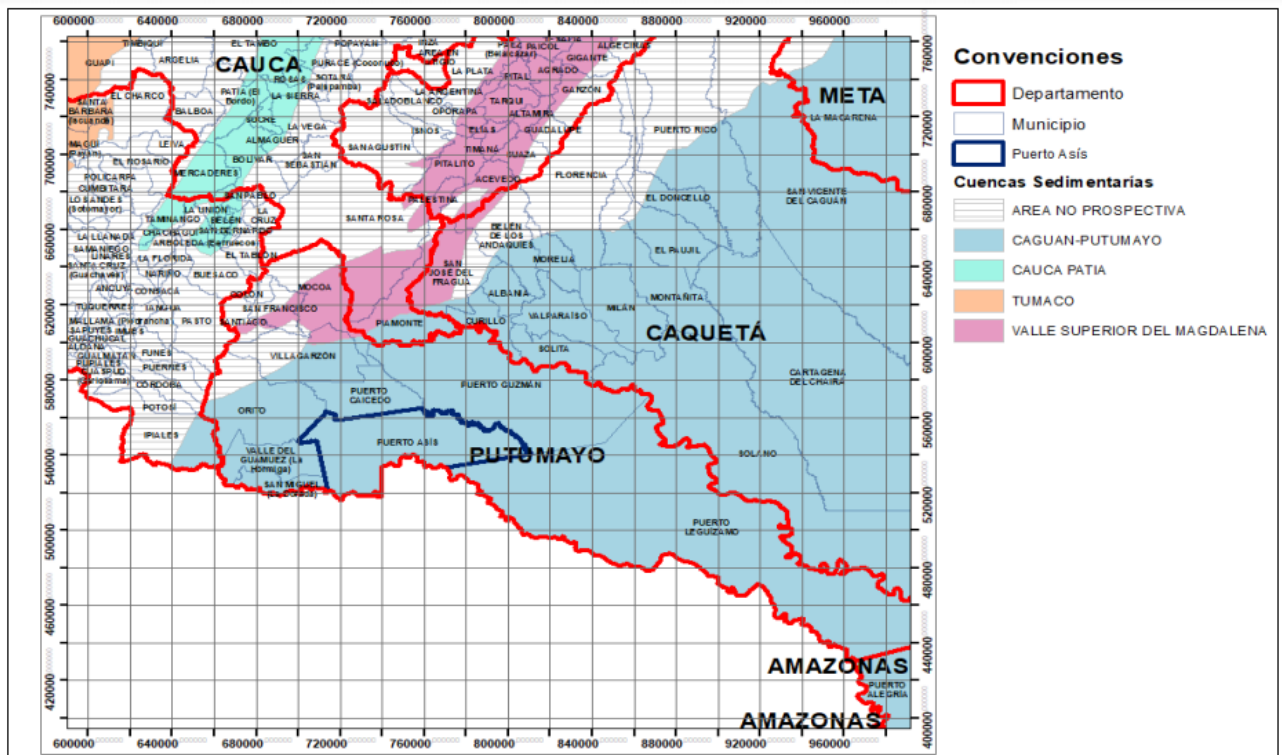


Figura 1 Plancha Macrocuena Caguán - Putumayo

A nivel del local, el grupo geológico de Mocoa a la cual hace parte el municipio de Orito, según el P.S.P predominan materiales sedentarios del Terciario (Pleoceno al Oligoceno) con edades que varían entre 5 y 40 millones de años de antigüedad. En general se presentan tres unidades geológicas distribuidas sobre una superficie de relieves plano, ondulado y colinado. La primera corresponde a una formación que reposa sobre la formación Orito, caracterizada por presentar materiales sedentarios del tipo arcillolitas



rojas y pizarrosas, interés tratificadas con arenizas arcillosas blancas del Terciario.

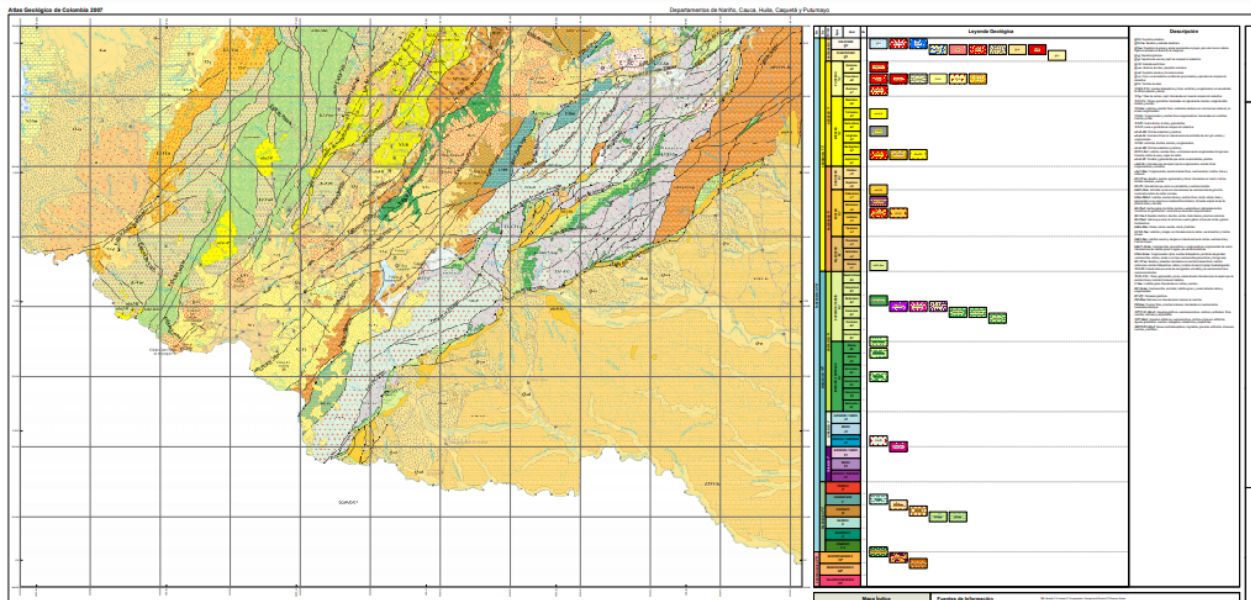


Figura 2 Plancha IGAC 414

Existe también una unidad geológica (litológica) conformada por terrazas deposicionales (de origen sedimentario erosional) de los grandes ríos alcanzan más de 30 metros de espesor. Su naturaleza es ígnea y metamórfica con matriz de grano grueso. Igualmente, los materiales que constituyen las Vegas de los ríos corresponden a sedimentos aoliniticos (arcillosos) y arenosos consolidados. Como proceso geomorfológico activo se señalan, para el caso de las vegas inundables, los procesos de erosión lateral de los cauces de los ríos; y para las planicies disectadas, la solifluxión, la incisión activa (remoción en masa) y la erosión laminar. Los municipios se encuentran ubicados sobre pendientes suaves (entre 2-12%) principalmente en las áreas de influencia de los ríos Mocoa; Caquetá y algunas de sus quebradas afluentes. Estos depósitos contienen materiales heterométricos que han sido transportados por las corrientes de ríos y quebradas, y en donde predominan las gravas y arenas con espesores normalmente menores de 20 metros; presentándose patrones de depositación que generan que los materiales más gruesos se encuentren en la zona occidental del municipio y sobre el área de influencia del río Putumayo.



Los suelos predominantes en la zona con sus características de acuerdo con la División de Agrología del IGAC, son los siguientes:

**Suelos de altillanura: (De):** Son suelos de clima húmedo y muy húmedo, con vegetación de hilea, desarrollados a partir de sedimentos finos, en relieve ondulado, ácido y muy evolucionado (Haplorthox, Dystropepts). Existe presencia de áreas cóncavas mal drenadas. Son los suelos predominantes en la zona de estudio ocupando la mayor parte de la misma.

**Suelos de planicie aluvial de piedemonte (abanicos) (Pg):** Estos suelos son de clima cálido muy húmedo y pluvial, poco a muy evolucionados, con drenaje pobre a imperfecto y desaturados (Fluvaquents, Tropaquepts, Dystropepts, Haplorthox, Tropudults). Este tipo de suelos se encuentra principalmente sobre el costado occidental del proyecto, entre los ríos Orito y Guamuez.

**Suelos de formas aluviales: (Aaa):** Son suelos mal drenados y poco evolucionados, que se desarrollan en áreas depresionales e inundables de ríos de origen Andino en la Amazonia (Tropaquepts, Fluvaquents, Tropaquents). En la zona del proyecto corresponden a las planicies aluviales aledañas de los ríos Guamuez y Orito. **(Ah):** Son suelos bien drenados, muy evolucionados, en climas húmedos y secos, desaturados, desarrollados en terrazas antiguas en algunas zonas de la Orinoquía y la Amazonia (Haplorthox, Dystropepts, Haplustox, Ultisoles). Corresponde a un área específica al norte de la zona de estudio sobre el río Orito.

**Suelos de cordillera: (Vr):** Son suelos de clima húmedo a muy húmedo y pluvial de diferentes pisos térmicos, en relieve muy quebrado a escarpado, muy poco evolucionados y desaturados, asociados con afloramientos rocosos (Troporthents). Constituyen una amplia formación que se extiende a lo largo de la Cordillera de los Andes que en la zona de estudio ocupa una pequeña franja en el extremo noroccidental de la misma. La ubicación geográfica de estos de suelos dentro de la zona de estudio puede verse en el Plano.

De acuerdo con la localización del proyecto y según la descripción geológica de la zona, se considera que los estudios elegidos continuación como información base, son aplicables debido a que se encuentran en la zona de influencia de la zona geológica de la Macrocuenca Caguán-putumayo como se muestra en la Figura 1, debido a que Puerto Leguizamo y el Municipio de Puerto asís hacen parte de esta misma zona geológica que



el municipio de Orito, así mismo, las características mostradas en los estudios de suelos son similares en cuanto a su composición y características de las capas del suelo, donde se observan capas de material orgánico menores a 20 cm, y se encuentran zonas de suelos de características arcillosas en los primeros metros de la capa de suelo, información que se puso corroborar con los apiques realizados y mostrados en la Figura 5. La información secundaria se usará para contrastar con la información primaria y la información hallada según la localización del mapa geológico colombiano.

De acuerdo con la información recopilada, y a la imposibilidad de realizar estudios puntuales en cada zona de instalación de los paneles solares, debido al difícil acceso y a la extensión del proyecto, se decide realizar, mediante información primaria y secundaria, una caracterización del suelo general de la zona, con el fin de determinar la capacidad del suelo:

Los estudios secundarios tenidos en cuenta son los siguientes:

- **Estudio de suelos de la firma GEOTEK, realizado para el proyecto “INTERCONEXION ELECTRICA PUERTO LEGUIZAMO - SOPLIN VARGAS, PROYECCION TORRE EN VEREDA LA UNION, MUNICIPIO DE PUERTO LEGUIZAMO DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”. Año: 2020**

Del estudio tenemos la siguiente información:

*“Se realizó un sondeo a una profundidad comprendida entre 0.0m y 15.0m, con prueba de SPT. La estratificación obtenida corresponde a:*

- *Suelo compuesto por capa vegetal, en profundidad de 0.00m a 0.20m*
- *Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color marrón, en profundidad de 0.20m a 3.00m*
- *Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color gris, en profundidad de 3,00m a 6.00m*
- *Suelo compuesto por arcilla de alta plasticidad, color gris, en profundidad de 6.00m a 15,00m”*

- **ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIÓN para el proyecto “CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO**



**PARA LA VEREDA LA CARMELITA EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS (PUTUMAYO). (PUERTO ASÍS, PUTUMAYO)” Firma CYF Ingeniería SAS Año: 2019**

De acuerdo al estudio, se encontró que “Se realizó la perforación hasta una profundidad de 3.00 metros (Desde el N+0.10m hasta el N-3.00m). Los resultados de laboratorio indica la presencia de dos capas predominantes sobre el perfil estratigráfico. El primer estrato está conformado por suelos limo-arcillosos de baja plasticidad ML en la clasificación SUCS color marrón de consistencia media que va desde el nivel N-0.10m hasta el nivel N-1.50m. El segundo estrato está conformado por limos inorgánicos de alta plasticidad MH en la clasificación SUCS color marrón amarillento de consistencia firme a muy firme que va desde el nivel N1.50m hasta el nivel N-3.0m. Con presencia de nivel freático en el nivel N-1.00. Se encontró una capa superficial de material orgánico Pt de 10 cm de espesor.”

Según el estudio anteriormente citado, tenemos las siguientes capacidades portantes, que para una profundidad de 1 m. 162 Kpa (16.2 Ton)

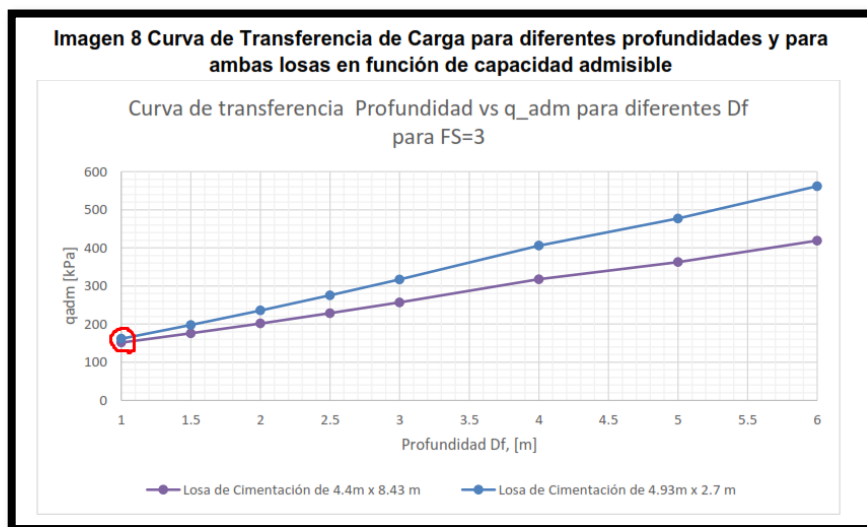


Figura 3. Capacidad portante de estudio secundario

De acuerdo a los estudios secundarios de la zona consultados, el estrato de materia organiza no supera los 20 cm, y los primeros estratos son de tipo arcilloso.



## 4.2. Información primaria

Debido a que la estructura en mención es de baja altura y sus cargas son pequeñas, de acuerdo al título E, del reglamento colombiano sismo resistente NSR-10, se siguen los siguientes puntos con de fin de determinar las características del suelo de cimentación.

1. Se realiza un apique con una profundidad mínima de 2 m.
2. Se verifica el estado de las casas aledañas, y se encuentra que en general, presentan un buen estado, no se presentan procesos de erosión ni asentamientos, por lo que se infiere que el suelo tiene un buen comportamiento.
3. Se debe verificar que la capa vegetal no sobrepase los 50 cm, y que los suelos sean de tipo arcilloso en las capas inferiores.

Los apiques mostrados en la figura 5 fueron tomados en la zona rural de Orito en donde se van a realizar la ejecución de los paneles solares individuales, cuyas coordenadas son mostradas en la figura 4, y cuya zona pertenece a la zona geológica macrocuenca Caguán - Putumayo, mostrada en la figura 1. Todos los usuarios de este proyecto están cobijados por la misma zona geológica, la cual cubre todo el municipio de Orito según lo mostrado en la figura 1, por lo tanto, se esperan suelos muy similares a lo largo de la zona de influencia del proyecto.

Para la realización del presente proyecto se cuenta con información primaria que se traduce con evidencia fotográfica de apiques en la zona de Orito, que muestran suelos de apariencia arcillosa con una capa de material orgánico menor a los 20 cm, que es una característica del suelo de la zona en estudio y que se puede corroborar con los estudios secundarios tenidos en cuenta para el presente informe.

Se observa color y textura del suelo, y se compara a las características mencionadas en los estudios secundarios de referencia, con el fin de encontrar patrones que nos permitan caracterizar el suelo. El apique tiene una profundidad mínima de 2 metros de profundidad.



Figura 4 Coordenadas del punto de toma de apique Orito





Figura 5. Apique de información primaria tomada en Zona rural de Orito, Putumayo

Como se observa en la evidencia fotográfica, y los estudios de referencia, vemos que el suelo tiene espesores de capas de material orgánico menores a 20 cm y suelo de tipo arcilloso en las capas inferiores lo cual nos muestra una correspondencia entre los datos comprados.



A continuación, se muestra la distribución de los usuarios y los puntos de muestreo del municipio de Orito:

## P6 - Orito

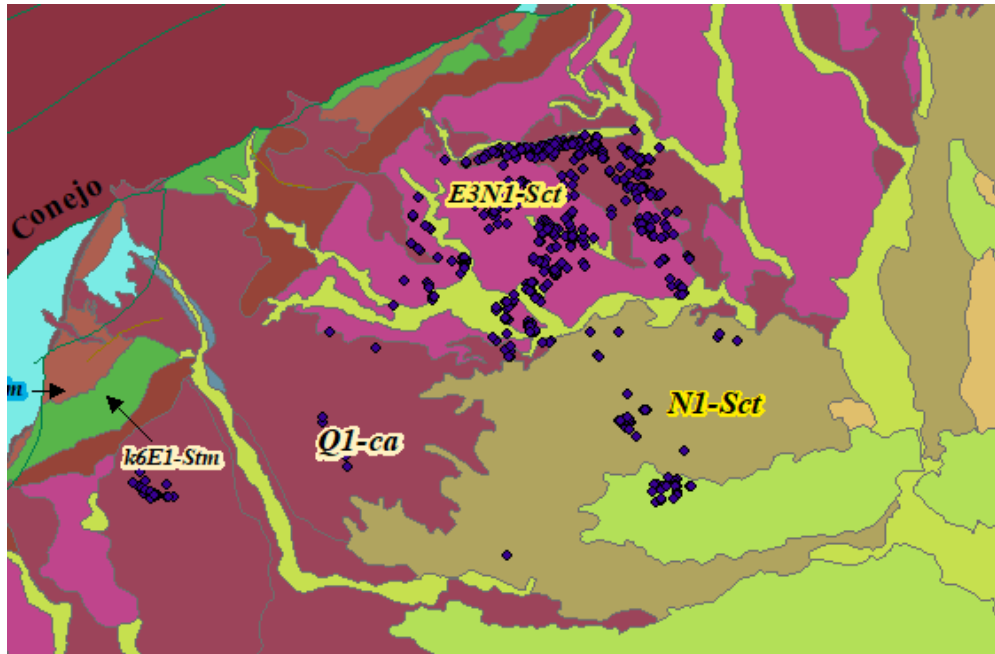


Figura 6 UBICACIÓN USUARIOS Fuente : **Mapa geológico Colombiano**



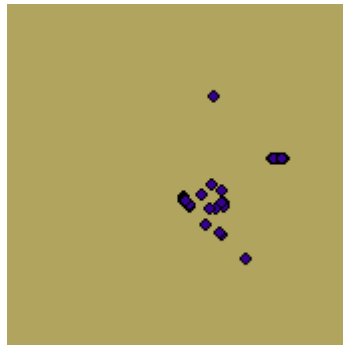
Figura 7 Descripción: **Abanicos aluviales y depósitos coluviales** Fuente : **Mapa geológico Colombiano**



*Figura 8 Descripción: Lodolitas, arenitas líticas e intercalaciones de conglomerados ferruginosos. Presenta costras de yeso y capas de carbón. Fuente : **Mapa geológico Colombiano***



*Figura 9 Descripción: **Depósitos aluviales** y de llanuras aluviales Fuente : **Mapa geológico Colombiano***



*Figura 10 Descripción: Arcillolitas, limolitas, limolitas arenosas, cuarzoarenitas y litoarenitas lodosas a conglomeráticas; packstone de moluscos y arenitas calcáreas Fuente : **Mapa geológico Colombiano***



Figura 11 Descripción: Conglomerados de bloques a guijos con intercalaciones de arcillas y arenitas de grano fino a grueso. Fuente : **Mapa geológico Colombiano**

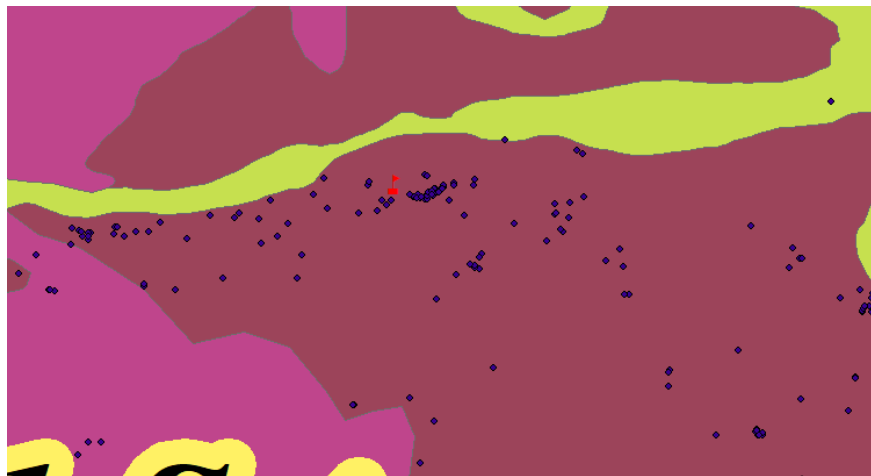


Figura 12 UBICACIÓN MUESTREO Fuente : **Mapa geológico Colombiano**

De acuerdo con lo anterior, encontramos que se encuentran varias condiciones de suelo, por lo tanto, se usará el suelo más crítico encontrado según la información primaria y secundaria, el cual será **Suelo Tipo Aluvial**.

Consultando el documento denominado “ **AIS 114-17 Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado de tamaño y altura limitada** ” (2017), el cual es un documento complementario al Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente, enfocado en estructuras pequeñas y de altura limitada como en este caso, y el mismo documento da recomendaciones para la capacidad portante según el tipo de



suelo. Según la información consultada, el suelo es de tipo arcilloso o aluvial, para lo cual el documento AIS 114-17 recomienda una capacidad máxima de 50 KN/m<sup>2</sup> (5 Ton/m<sup>2</sup>).

**Tabla 14.2.3 — Capacidades portantes admisibles máximas permitidas**

Suelo	Capacidad portante $q_a$ , kPa(kN/m <sup>2</sup> )
Suelo aluvial	≤ 50
Arcilla blanda	75
Arcilla firme	100
Arena húmeda	125
Arena y arcilla mezcladas	150
Arena fina seca (compacta)	200
Arcilla dura	250
Arena gruesa seca (compacta)	300
Arena y grava mezcladas (compacta)	350
Grava (compacta)	400
Roca blanda	600
Lutita o pizarra dura	800
Roca media	1000
Roca dura	1500

Figura 13. Capacidad portante Máximas recomendadas AIS 114-17

#### 4.3. Criterios de diseño y Capacidad portante a tener en cuenta

De acuerdo con la información secundaria consultada y la descripción geológica de la zona, se tienen distintas características de suelo, pero por criterio de esta consultoría se tomará el suelo tipo **ALUVIAL**; el cual se encontró tanto en la localización de la zona según el mapa geológico colombiano de la información primaria, así como la descripción geológica de la información secundaria y basados en el documento AIS 114-17 la capacidad portante mínima recomendada para suelos es de 5 Ton/m<sup>2</sup>. Como las cargas puntuales son tan pequeñas, no hay influencia en el ancho del cimiento con la capacidad portante mencionada.



Teniendo en cuenta lo anterior, y tomando el caso más crítico, el cual es suelo aluvial el cual se presenta en las cuencas de los ríos, y según la información encontrada, en esta zona hay presencia de dichos suelos, esta consultoría decide que la capacidad portante a tener en cuenta será de **5 Ton /m<sup>2</sup> y una profundidad de desplante mínima de 1 m la cual se determinó con base en la información secundaria y estudios de suelos de referencia.**

## 5. Calculo estructural de la cimentación TIPO 1 (2 PANELES)

Profundidad de Desplante: 1 m.

Tipo de Suelo: E, se toma el suelo de peor desempeño estructural, de acuerdo con los análisis realizados mediante información secundaria y primaria recolectada en las regiones objeto de la estructuración.

Aspectos a tener en cuenta:

- El recubrimiento mínimo debe ser medido desde la superficie del concreto hasta la superficie exterior del acero y debe ser de mínimo 75 mm. (Artículo C.7.7.1(a) NSR-10)
- El espesor efectivo de la zapata por encima del refuerzo inferior no puede ser menor de 150 mm (para zapatas apoyadas sobre suelo) (Artículo C.15.7 NSR-10).
- De acuerdo con estos conceptos, el espesor mínimo de una zapata será 225 mm.
- El recubrimiento funciona como una capa que rompe la capilaridad, protegiendo el acero de refuerzo.
- El solado o concreto pobre de 50 mm que normalmente se vacía como actividad preliminar y preparatoria de la superficie sobre la cual se colocará la zapata, no se considera recubrimiento (75 mm minimo).

Se recomienda que el refuerzo longitudinal de la columna se lleve hasta el refuerzo inferior de la fundación, y se termine con un gancho horizontal. En la suposición usual de columna empotrada en la zapata, este gancho horizontal debe orientarse hacia el centro de la columna, disposición que en la práctica pocas veces se cumple, quizás por la dificultad de acomodar en poco espacio la cantidad de varillas que llegan a la zapata, muchas veces de diámetros grandes.

Para el dimensionamiento de las cargas se toma la información del informe de Diseño Estructural **ANEXO 13C** , se toma la siguiente descripción del sistema: "El sistema se



debe instalar sobre poste de acero (PTC4"x3mm) de 3 mts de alto y 4 pulgadas de diámetro con espesor de pared de 3 mm, cuyo peso propio es de 50 kg ( Calculado de la memoria de diseño estructural), consta de 2 paneles solares que pesan 121N/m<sup>2</sup>, se contempla una carga viva de 50 kg/m<sup>2</sup> ( Por criterio de diseño se contempla, ya que la ficha técnica no contempla esta carga viva) y adicionalmente una carga de viento de 40 kg/m<sup>2</sup> (Carga mínima de diseño exigida por la NSR-10 en B.6.1.3.2.

CARGAS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
Peso propio paneles	121 N/m <sup>2</sup>				
Sobrecarga de uso	No está prevista ni para mantenimiento				
Normativa de viento	29 m/s	Periodo retorno	10 años	Altura máxima	5 m
V <sub>co-imp</sub>	III. Áreas con recubrimiento regular de vegetación o edificios u obstáculos aislados con separación máxima de 20 veces la altura del obstáculo (por ejemplo, pueblos, terreno suburbano, bosques)				
Categoría del terreno					
Nieve	-				
Carga de Nieve	100 N/m <sup>2</sup>				

Figura 14 Ficha técnica Paneles Solares

Para la elección del peso unitario se uso la referencia a continuación, donde se define un peso unitario seco del suelo según la densidad de l material que lo compone. En este caso el **suelo aluvial** es un **suelo** sedimentario que se ha formado a partir de material que ha sido transportado por corrientes de agua, en su mayoría de origen pétreo, por lo tanto, por criterio de diseño tomaremos que tiene una densidad moderada, y se toma el valor medio del rango, que corresponde a 1.80 Ton/m<sup>3</sup>. Se aclara que, para calcular el peso del suelo, usaremos el peso unitario seco solamente ya que es la condición mas critica para el chequeo.

**PESOS UNITARIOS EN SUELOS EN SUELOS**

Denominación	PU en gr/cm <sup>3</sup>
Muy bajo	< 1,4
Bajo	1,4 a 1,7
Moderado	1,7 a 1,9
Alto	1,9 a 2,2
Muy alto	>2,2

Alberto J. Martínez Vargas. 1990.



Referencia: Geotecnia para ingenieros: principios básicos - Vargas, A.J.M.  
<https://books.google.com.co/books?id=ZyTwtgAACAAJ> - 1990 - Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

**S** Joint Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Joint Reactions

Filter:

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN
	1	DEAD	LinStatic		0	0	0.497
▶	1	VIENTO	LinStatic		-0.44	2.639E-16	-0.014
	1	EX	LinRespSpec	Max	0.295	1.904E-15	3.287E-14
	1	EY	LinRespSpec	Max	1.683E-15	0.331	9.812E-16





Dimensiones de la zapata		Dimensiones del pedestal																																				
Ancho	0.5 m	Ancho	0.3 m																																			
Alto	0.5 m	Alto	0.3 m																																			
Profund	0.3 m	Profun	0.8 m																																			
Peso Concreto		24 KN/m3																																				
Cargas verticales		Suposiciones suelo																																				
Peso propio de la zapata	1.8 KN	Peso unitario seco	18 KN/m3																																			
Pesp propio del pedestal	1.728 KN	Peso unitario sat	20 KN/m3																																			
Peso suelo	1.44 KN																																					
Peso estructura	0.497 KN																																					
Total (P)	5.465 KN																																					
Cargas Horizontales		<b>Joint Reactions</b> File View Edit Format-Filter-Sort Select Options Units: As Noted Filter: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Joint Text</th> <th>OutputCase</th> <th>CaseType Text</th> <th>StepType Text</th> <th>F1 KN</th> <th>F2 KN</th> <th>F3 KN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>DEAD</td> <td>LinStatic</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.497</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>VIENTO</td> <td>LinStatic</td> <td></td> <td>-0.44</td> <td>2.639E-16</td> <td>-0.014</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>EX</td> <td>LinRespSpec</td> <td>Max</td> <td>0.295</td> <td>1.904E-15</td> <td>3.287E-14</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>EY</td> <td>LinRespSpec</td> <td>Max</td> <td>1.683E-15</td> <td>0.331</td> <td>9.812E-16</td> </tr> </tbody> </table>		Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	1	DEAD	LinStatic		0	0	0.497	1	VIENTO	LinStatic		-0.44	2.639E-16	-0.014	1	EX	LinRespSpec	Max	0.295	1.904E-15	3.287E-14	1	EY	LinRespSpec	Max	1.683E-15	0.331	9.812E-16
Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN																																
1	DEAD	LinStatic		0	0	0.497																																
1	VIENTO	LinStatic		-0.44	2.639E-16	-0.014																																
1	EX	LinRespSpec	Max	0.295	1.904E-15	3.287E-14																																
1	EY	LinRespSpec	Max	1.683E-15	0.331	9.812E-16																																
F viento	0.44 KN																																					
F sismo	0.331 KN																																					
Momento (M)		1.32 KN-m																																				
Exentricidad		0.242 m																																				
		<b>La exentricidad surge de M/P</b>																																				
Verificar Volcamiento		* Se cumple Factor de Seguridad volcamiento Para sismo mayor a 2																																				
Momento actuante	1.32 Kn-m																																					
Momento resistente	2.68625 Kn-m																																					
FS	2.04	ok																																				

Figura 15 Chequeo de volcamiento



**DISEÑO DE LA ZAPATA ZAPATA PANEL SOLAR**

**DATOS DE LA ZAPATA:**  
 Carga Admisible: 0.50 kg/cm<sup>2</sup>  
 Carga Muerta (Pm): 0.55 Tn  
 Carga Viva (Pv): 0.30 Tn  
 Carga de sismo (Ps): 0.03 Tn

**PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:**  
 f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

LA DIMENSIÓN DE LA COLUMNA ES DE: 30 x 30

**PROCESO DE CALCULO**

Carga puntual de servicio (PS1 = Pm + Pv + Ps) = 0.55 Tn + 0.3Tn + 0.033Tn = 0.883 Tn  
 Carga puntual de servicio (PS2 = Pm + Pv) = 0.55 Tn + 0.3Tn = 0.85 Tn

**DIMENSIONES DE LA ZAPATA**

$A1 = \frac{PS1 (1+0)}{1.33 \times q \text{ Adm}} = \frac{0.883 + 0}{1.33 \times 0.5 \times 10} = 0.13 \text{ m}^2$   
 $A2 = \frac{PS2 (1+0)}{q \text{ Adm}} = \frac{0.85 + 0}{0.5 \times 10} = 0.17 \text{ m}^2$

Tomamos el mayor: 0.17 m<sup>2</sup> { Lx= 0.50 m, Ly= 0.50 m

**DETERMINANDO LA CARGA PUNTUAL ULTIMA**

$Pu = 1.4 \times Pm + 1.7 \times Pv = 1.4 \times 0.55 + 1.7 \times 0.3 = 1.28 \text{ Tn}$   
 $Pu = 1.25 \times (Pm + Pv) + Ps = 1.25 \times (0.55 + 0.3) + 0.033 = 1.0955 \text{ Tn}$   
 $Pu = 0.9 \times (Pm) + Ps = 0.9 \times (0.55) + 0.033 = 0.528 \text{ Tn}$

Tomar el Mayor: Pu = 1.280 Tn

**DETERMINANDO LA CARGA ULTIMA**

$Qu = \frac{Pu}{A} = \frac{1.28}{0.5 \times 0.5} = 5.120 \text{ Tn/m}^2$

**DISEÑO POR PUNZONAMIENTO:**

$Pu - Ac \times Qu = 0.85(1.06) \sqrt{f'c} \times (bo) \times d$   
 $1.28 - (d + 30)(d + 30) \times 5.12 = 0.85 \times 1.06 \sqrt{210} \times 10 \times (4d + 2 \times 30 + 2 \times 30) \times d$   
 d = 0.01 m

Aproximamos el peralte (h) igual a 0.3m entonces considerando el recubrimiento y el diametro del Acero; d sera igual a 0.22 m

**VERIFICANDO POR CORTE:**

$Vc = 0.53 \sqrt{f'c} \times B \times d = 0.53 \times \sqrt{210} \times 10 \times 0.22 \times 0.5 = 8.47 \text{ Tn}$   
 $Vu = \frac{Qu \times B \times (m - d)}{\phi} = \frac{5.12 \times 0.5 \times (0.1 - 0.22)}{0.85} = 0.363 \text{ Tn}$

Vc > Vu (Cumple)

**MOMENTO ULTIMO:**

$Mu = \frac{Qu \text{ m}^2 \text{ B}}{2} = \frac{5.12 \times 0.1^2 \times 0.5}{2} = 0.013 \text{ Tn.m}$

**DETERMINANDO EL REFUERZO:**

$As = \frac{Mu}{\phi \times fy \times (d - \frac{a}{2})}$   
 $a = \frac{fy \times As}{0.85 \times f'c \times b}$

a (cm)	As (cm <sup>2</sup> )
4.41	0.02
0.01	0.02
0.01	0.02
0.01	0.02
0.01	0.02

**DETERMINANDO EL REFUERZO MINIMO:**

As min = 0.0018 x 22.05 x 50 = 1.98 cm<sup>2</sup>  
 Tomamos: As = 1.98 cm<sup>2</sup> (Tomar acero minimo)  
 S = 17 cm  
 3 Ø 3/8" @ 0.17

GRUPO EDIFIC dso

Figura 16. Cálculos estructurales cimentación

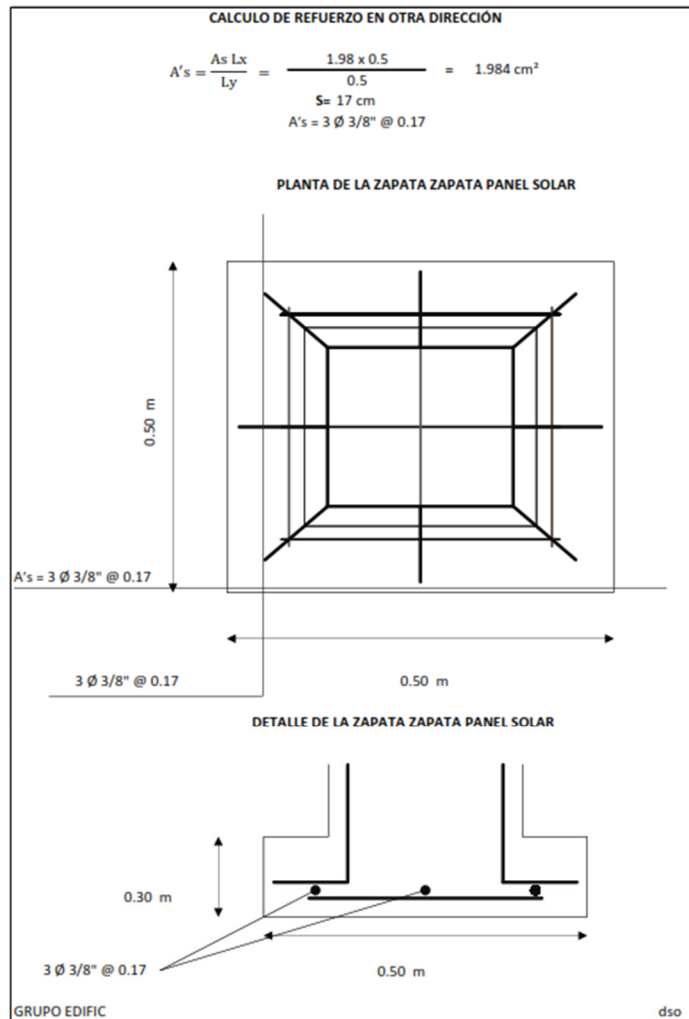


Figura 17. Detalles estructurales cimentación

**Nota:** Los esquemas mostrados en esta memoria de cálculo son esquemáticos, por lo tanto, en cuanto a su geometría, el acero que prevalece siempre será el de los planos estructurales.



DISEÑO DE PEDESTAL	
B (cm)=	30
C(cm) =	30
<b>Cuantia Minima de acero según NSR-10 C.15.8.2.1</b>	0.005
<b>Area de acero (cm2)=</b>	<b>4.5</b>
<b>Area #4 (cm2)=</b>	1.27
<b>Cantidad de barras #4=</b>	<b>4</b>

*Figura 18 Diseño de Pedestal*



## 7. Cálculo estructural de la cimentación TIPO 2 (3 PANELES)

Profundidad de Desplante: 1 m.

Tipo de Suelo: E, se toma el suelo de peor desempeño estructural, de acuerdo con los análisis realizados mediante información secundaria y primaria recolectada en las regiones objeto de la estructuración.

Aspectos a tener en cuenta:

- El recubrimiento mínimo debe ser medido desde la superficie del concreto hasta la superficie exterior del acero y debe ser de mínimo 75 mm. (Artículo C.7.7.1(a) NSR-10)
- El espesor efectivo de la zapata por encima del refuerzo inferior no puede ser menor de 150 mm (para zapatas apoyadas sobre suelo) (Artículo C.15.7 NSR-10).
- De acuerdo con estos conceptos, el espesor mínimo de una zapata será 225 mm.
- El recubrimiento funciona como una capa que rompe la capilaridad, protegiendo el acero de refuerzo.
- El solado o concreto pobre de 50 mm que normalmente se vacía como actividad preliminar y preparatoria de la superficie sobre la cual se colocará la zapata, no se considera recubrimiento (75 mm mínimo).

Se recomienda que el refuerzo longitudinal de la columna se lleve hasta el refuerzo inferior de la fundación, y se termine con un gancho horizontal. En la suposición usual de columna empotrada en la zapata, este gancho horizontal debe orientarse hacia el centro de la columna, disposición que en la práctica pocas veces se cumple, quizás por la dificultad de acomodar en poco espacio la cantidad de varillas que llegan a la zapata, muchas veces de diámetros grandes.

Para el dimensionamiento de las cargas se toma la información del informe de Diseño Estructural **ANEXO 13C**, se toma la siguiente descripción del sistema: “El sistema se debe instalar sobre poste de acero (PTC4”x3mm) de 3 mts de alto y 4 pulgadas de diámetro con espesor de pared de 3 mm, cuyo peso propio es de 57 kg (Calculado de la memoria de diseño estructural), consta de 3 paneles solares que pesan 121N/m<sup>2</sup>, se contempla una carga viva de 50 kg/m<sup>2</sup> (Por criterio de diseño se contempla, ya que la ficha técnica no contempla esta carga viva) y adicionalmente una carga de viento de 40 kg/m<sup>2</sup> (Carga mínima de diseño exigida por la NSR-10 en B.6.1.3.2).



CARGAS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
Peso propio paneles	121	N/m <sup>2</sup>			
Sobrecarga de uso	No está prevista ni para mantenimiento				
Normativa de viento	29	m/s	Periodo retorno	10	años
			Altura máxima	5	m
V <sub>0-10m</sub>	III. Áreas con recubrimiento regular de vegetación o edificios u obstáculos aislados con separación máxima de 20 veces la altura del obstáculo (por ejemplo, pueblos, terreno suburbano, bosques)				
Categoría del terreno					
Nieve	-				
Carga de Nieve	100	N/m <sup>2</sup>			

Figura 19 Ficha técnica Paneles Solares

Para la elección del peso unitario se usó la referencia a continuación, donde se define un peso unitario seco del suelo según la densidad de l material que lo compone. En este caso el **suelo aluvial** es un **suelo** sedimentario que se ha formado a partir de material que ha sido transportado por corrientes de agua, en su mayoría de origen pétreo, por lo tanto, por criterio de diseño tomaremos que tiene una densidad moderada, y se toma el valor medio del rango, que corresponde a 1.80 Ton/m<sup>3</sup>. Se aclara que, para calcular el peso del suelo, usaremos el peso unitario seco solamente ya que es la condición mas critica para el chequeo.

**PESOS UNITARIOS EN SUELOS EN SUELOS**

Denominación	PU en gr/cm <sup>3</sup>
Muy bajo	< 1,4
Bajo	1,4 a 1,7
Moderado	1,7 a 1,9
Alto	1,9 a 2,2
Muy alto	>2,2

Alberto J. Martínez Vargas. 1990.

Referencia: Geotecnia para ingenieros: principios básicos - Vargas, A.J.M.  
<https://books.google.com.co/books?id=ZyTwtgAACAAJ> - 1990 - Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



### S Joint Reactions

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN
1	DEAD	LinStatic		1.102E-17	-2.538E-19	0.567
1	VIENTO	LinStatic		-0.484	2.835E-16	-0.019
1	EX	LinRespSpec	Max	0.314	7.156E-16	7.036E-15
1	EY	LinRespSpec	Max	4.256E-16	0.392	4.955E-16

Dimensiones de la zapata		Dimensiones del pedestal																																				
Ancho	0.55 m	Ancho	0.3 m																																			
Alto	0.55 m	Alto	0.3 m																																			
Profund	0.3 m	Profun	0.8 m																																			
Peso Concreto		Suposiciones suelo																																				
	24 KN/m3	Peso unitario seco	18 KN/m3																																			
		Peso unitario sat	20 KN/m3																																			
Cargas verticales		S Joint Reactions																																				
Peso propio de la zapata	2.178 KN	File View Edit Format-Filter-Sort Select Options																																				
Pesp propio del pedestal	1.728 KN	Units: As Noted Joint Reactions																																				
Peso suelo	1.98 KN	Filter:																																				
Peso estructura	0.567 KN	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Joint Text</th> <th>OutputCase</th> <th>CaseType Text</th> <th>StepType Text</th> <th>F1 KN</th> <th>F2 KN</th> <th>F3 KN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>DEAD</td> <td>LinStatic</td> <td></td> <td>1.102E-17</td> <td>-2.538E-19</td> <td>0.567</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>VIENTO</td> <td>LinStatic</td> <td></td> <td>-0.484</td> <td>2.835E-16</td> <td>-0.019</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>EX</td> <td>LinRespSpec</td> <td>Max</td> <td>0.314</td> <td>7.156E-16</td> <td>7.036E-15</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>EY</td> <td>LinRespSpec</td> <td>Max</td> <td>4.256E-16</td> <td>0.392</td> <td>4.955E-16</td> </tr> </tbody> </table>		Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	1	DEAD	LinStatic		1.102E-17	-2.538E-19	0.567	1	VIENTO	LinStatic		-0.484	2.835E-16	-0.019	1	EX	LinRespSpec	Max	0.314	7.156E-16	7.036E-15	1	EY	LinRespSpec	Max	4.256E-16	0.392	4.955E-16
Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN																																
1	DEAD	LinStatic		1.102E-17	-2.538E-19	0.567																																
1	VIENTO	LinStatic		-0.484	2.835E-16	-0.019																																
1	EX	LinRespSpec	Max	0.314	7.156E-16	7.036E-15																																
1	EY	LinRespSpec	Max	4.256E-16	0.392	4.955E-16																																
Total (P)	6.453 KN																																					
Cargas Horizontales																																						
F viento	0.484 KN																																					
F sismo	0.392 KN																																					
Momento (M)		La excentricidad surge de M/P																																				
	1.452 KN-m																																					
Exentricidad																																						
	0.225 m																																					
Verificar Volcamiento																																						
Momento actuante	1.452 Kn-m																																					
Momento resistente	3.226575 Kn-m																																					
FS	2.22 ok	* Se cumple Factor de Seguridad volcamiento Para sismo mayor a 2																																				

Figura 20 Chequeo de volcamiento



**DISEÑO DE LA ZAPATA ZAPATA PANEL SOLAR**

**DATOS DE LA ZAPATA:**  
 Carga Admisible: 0.50 kg/cm<sup>2</sup>  
 Carga Muerta (Pm): 0.65 Tn  
 Carga Viva (Pv): 0.40 Tn  
 Carga de sismo (Ps): 0.03 Tn

**PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:**  
 f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

LA DIMENSIÓN DE LA COLUMNA ES DE: 30 x 30

**PROCESO DE CALCULO**

Carga puntual de servicio (PS1 = Pm + Pv + Ps) = 0.65 Tn + 0.4Tn + 0.033Tn = 1.083 Tn  
 Carga puntual de servicio (PS2 = Pm + Pv ) = 0.65 Tn + 0.4Tn = 1.05 Tn

**DIMENSIONES DE LA ZAPATA**

$$A1 = \frac{PS1 (1+0)}{1.33 \times q \text{ Adm}} = \frac{1.083 + 0}{1.33 \times 0.5 \times 10} = 0.16 \text{ m}^2$$

$$A2 = \frac{PS2 (1+0)}{q \text{ Adm}} = \frac{1.05 + 0}{0.5 \times 10} = 0.21 \text{ m}^2$$

Tomamos el mayor: 0.21 m<sup>2</sup> { Lx= 0.55 m  
Ly= 0.55 m

**DETERMINANDO LA CARGA PUNTUAL ULTIMA**

Pu = 1.4 x Pm + 1.7 x Pv = 1.4 x 0.65 + 1.7 x 0.4 = 1.59 Tn  
 Pu = 1.25 x ( Pm + Pv ) + Ps = 1.25 x (0.65 + 0.4) + 0.033 = 1.3455Tn  
 Pu = 0.9 x ( Pm ) + Ps = 0.9 x (0.65) + 0.033 = 0.618Tn

Tomar el Mayor: Pu = 1.590 Tn

**DETERMINANDO LA CARGA ULTIMA**

$$Qu = \frac{Pu}{A} = \frac{1.59}{0.55 \times 0.55} = 5.25 \text{ Tn/m}^2$$

**DISEÑO POR PUNZONAMIENTO:**

$$Pu - Ac \times Qu = 0.85(1.06) \sqrt{f'c} \times (bo) \times d$$

$$1.59 - (d + 30)(d + 30) \times 6.36 = 0.85 \times 1.06 \sqrt{210} \times 10 \times (4d + 2 \times 30 + 2 \times 30) \times d$$

$$d = 0.01 \text{ m}$$

Aproximamos el peralte (h) igual a 0.3m entonces considerando el recubrimiento y el diametro del Acero; d sera igual a 0.22 m

**VERIFICANDO POR CORTE:**

$$Vc = 0.53 \sqrt{f'c} \times B \times d = 0.53 \times \sqrt{210} \times 10 \times 0.22 \times 0.5 = 8.47 \text{ Tn}$$

$$Vu = \frac{Qu \times B \times (m - d)}{\phi} = \frac{6.36 \times 0.5 (0.1 - 0.22)}{0.85} = 0.451 \text{ Tn}$$

Vc > Vu (Cumple)

**MOMENTO ULTIMO:**

$$Mu = \frac{Qu \text{ m}^2 B}{2} = \frac{6.36 \times 0.1^2 \times 0.55}{2} = 0.016 \text{ Tn.m}$$

**DETERMINANDO EL REFUERZO:**

$$As = \frac{Mu}{\phi \times fy \times (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{fy \times As}{0.85 \times f'c \times b}$$

a (cm)	As (cm <sup>2</sup> )
4.41	0.02
0.01	0.02
0.01	0.02
0.01	0.02
0.01	0.02

**DETERMINANDO EL REFUERZO MINIMO:**

As min = 0.0018 x 22.05 x 55 = 1.98 cm<sup>2</sup>  
 Tomamos: As= 1.98 cm<sup>2</sup> (Tomar acero minimo)  
 S= 17 cm  
 3 Ø 3/8" @ 0.17

GRUPO EDIFIC dso

Figura 21. Cálculos estructurales cimentación



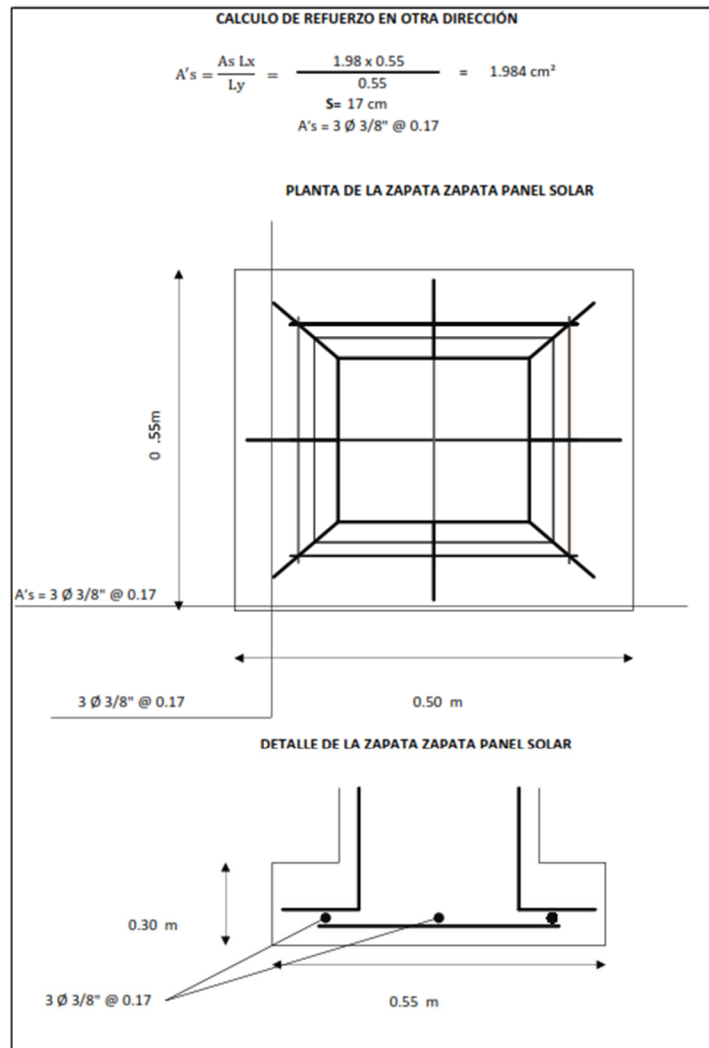


Figura 22. Detalles estructurales cimentación

**Nota:** Los esquemas mostrados en esta memoria de cálculo son esquemáticos, por lo tanto, en cuanto a su geometría, el acero que prevalece siempre será el de los planos estructurales.



DISEÑO DE PEDESTAL	
<b>B (cm)=</b>	<b>30</b>
<b>C(cm) =</b>	<b>30</b>
<b>Cuántia Mínima de acero según NSR-10 C.15.8.2.1</b>	0.005
<b>Area de acero (cm2)=</b>	<b>4.5</b>
<b>Area #4 (cm2)=</b>	1.27
<b>Cantidad de barras #4=</b>	<b>4</b>

*Figura 23 Diseño de Pedestal*



## 8. Recomendación sobre el nivel freático

En los apiques realizados para esta zona, no se encontró nivel freático, así mismo, en los estudios de suelos utilizados como información secundaria, se encontró niveles freáticos en niveles inferiores a los 10 m. En este caso, como las estructuras tendrán cimentación superficial, no se verán afectados por el nivel freático. Se deberá seguir las indicaciones de los planos estructurales, al aplicar mortero pobre de limpieza bajo la estructura antes de vaciar la zapata.

## 9. Conclusiones

Se usará una capacidad portante para el dimensionamiento de la cimentación de los paneles solares de 5 Ton/m<sup>2</sup> con una profundidad de desplante de 1 m.

## 10. Referencias bibliográficas

- Reglamento Colombiano de Ingeniería sísmica NSR-10. Asociación colombiana de Ingeniería sísmica. 2010
- AIS 114-17 Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado de tamaño y altura limitados. Asociación colombiana de Ingeniería sísmica. 2017
- *Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Orito Año 2002 URL: <https://www.corpoamazonia.gov.co/index.php/ordenamiento-ambiental/estado-pot>*
- ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIÓN para el proyecto “CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA VEREDA LA CARMELITA EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS (PUTUMAYO). (PUERTO ASÍS, PUTUMAYO)” Firma CYF Ingeniería SAS Año: 2019
- Estudio de suelos para el proyecto “INTERCONEXION ELECTRICA PUERTO LEGUIZAMO - SOPLIN VARGAS, PROYECCION TORRE EN VEREDA LA UNION,



El futuro  
es de todos

Minenergía

**IPSE**

Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
Zonas No Interconectadas

MUNICIPIO DE PUERTO LEGUIZAMO DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO. Firma:  
GEOTEK Año: 2020

**Diseñó:**

**Luis Fernando Caballero Castro**

**Ingeniero Civil**

**Especialista en Estructuras**

**M.P 17202- 371892 CLD**

Firma

# ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIÓN



## **PROYECTO:**

**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA VEREDA LA CARMELITA EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS (PUTUMAYO).**

**(PUERTO ASÍS, PUTUMAYO)**

## **RESPONSABLE:**

**OSCAR FABIÁN FRANCO PANTOJA**  
**INGENIERO CIVIL**  
**M.P. 52202 - 377331 NARIÑO**

**NOVIEMBRE DE 2019**

---

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TABLA DE CONTENIDO.....	2
INTRODUCCIÓN.....	4
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	5
2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	6
3. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	9
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	10
4.1 Relevancia General.....	10
4.2 Relevancia Local.....	11
5. DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO EXPLORADO.....	13
5.1 Resultados por exploración.....	13
5.2 Nivel Freático.....	16
6. PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO.....	17
6.1 Estratigrafía predominante.....	17
6.3 Angulo de fricción y Cohesión efectiva.....	17
6.4 Clasificación del Perfil de Suelo.....	18
7. PARÁMETROS DE DISEÑO SISMORESISTENTE.....	20
8. PROPUESTA DE CIMENTACIÓN Y CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE.....	21
8.1 Losa de cimentación + Mejoramiento.....	21
8.2 Asentamientos.....	27
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
ANEXOS.....	32

---

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Nomenclatura y Profundidad de las exploraciones.....	6
Tabla 2. Datos de campo y laboratorio del sondeo 1. ....	13
Tabla 3. Datos de campo y laboratorio del sondeo 2. ....	14
Tabla 4 Datos de campo y laboratorio del sondeo 3. ....	15
Tabla 5 Perfil estratigráfico predominante del terreno. ....	17
Tabla 6 Valores geotécnicos de resistencia y clasificación del perfil de suelo. ....	19
Tabla 7 Capacidad portante para losa de cimentación de 4.40 m x 8.43 m en función de la profundidad. ....	23
Tabla 8 Capacidad portante para losa de cimentación de 4.93 m x 2.70 m en función de la profundidad. ....	24
Tabla 9 Distribución de esfuerzos y asentos en la profundidad de influencia de la carga .....	28

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Localización satelital del proyecto en Puerto Asís (Putumayo). ....	5
Imagen 2. Distribución de las exploraciones en el lote.....	7
Imagen 3. Registro fotográfico de la exploración. ....	8
Imagen 4. Registro fotográfico de los ensayos de laboratorio.....	9
Imagen 5 Marco Geológico Regional del municipio de Puerto Asís (Putumayo).....	10
Imagen 6 Marco Geológico Local del municipio de Villa garzón, Puerto Caicedo, Puerto Asís y Valle del Guamuez (Putumayo). ....	12
Imagen 7 Parámetros para cálculo de la capacidad portante.....	23
Imagen 8 Curva de Transferencia de Carga para diferentes profundidades y para ambas losas en función de capacidad admisible .....	24
Imagen 9 Curva de Transferencia de Carga para diferentes profundidades y anchos de zapata en función de Carga Admisible .....	25
Imagen 10. Configuración de cimentación propuesta.....	26
Imagen 11 Variación del factor de influencia de la deformación unitaria con la profundidad .....	28

## **INTRODUCCIÓN**

El presente documento contiene el *estudio de caracterización geotécnica y recomendación de cimentación* aplicada para el proyecto de **CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA VEREDA LA CARMELITA EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS (PUTUMAYO)**. Aquí se presenta y detalla los procedimientos realizados en el sitio de obra con el fin de estimar y caracterizar el subsuelo del lote para determinar parámetros geotécnicos de los suelos que conforman el sitio a intervenir finalizando con las conclusiones y recomendaciones resultantes garantizando la estabilidad y seguridad de la estructura a construir.



## 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la **construcción de tanques de tratamiento de aguas residuales** ubicada en las coordenadas [ 0°24'15.22"N ° - 76°32'33.36"O°] **Puerto Asís, Putumayo**

Esta obra consiste en una estructura de un solo piso cuyo nivel será subterráneo con sistema estructural muros de concreto que agrupa Una Unidad de Construcción catalogada como Edificaciones Indispensables, Grupo IV de acuerdo con el literal A.2.5.1 de la NSR - 10.

Bajo las anteriores condiciones y en cumplimiento con lo estipulado en el Título H de la Norma de Sismo resistencia de 2010, la categoría de la obra es **BAJA** para la cual el número mínimo de sondeos son **tres (3) de los cuales dos de ellos son a (6) metros y uno a (3)**.

Para el proyecto actual debido a la imposibilidad del acceso con un equipo mecánico, se procedió a realizar 3 sondeos de manera manual hasta una profundidad de 3 metros en todas las exploraciones.

**Imagen 1. Localización satelital del proyecto en Puerto Asís (Putumayo).**



## 2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Se realizó tres (3) sondeos ubicados sobre el terreno existente, donde se proyecta la construcción.

**Tabla 1. Nomenclatura y Profundidad de las exploraciones.**

Sondeo	Profundidad (m)
S1	3.00
S2	3.00
S3	3.00
<b>TOTAL</b>	<b>9.0 ML</b>

De acuerdo con el título H en su numeral **H.3.2.3 – NUMERO MÍNIMO DE SONDEOS** y en consecuencia de la jerarquización de la obra planteada, las condiciones mínimas de exploración son tres (3) sondeos a una profundidad no menor de 6.0 metros cada uno, exceptuando los casos expuestos en el numeral **H.3.2.5 – PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS**, para cada unidad de construcción identificado.

En el proyecto se identifica una unidad por lo que representaría tres sondeos exploratorios, no se realiza la reducción por **EFFECTO DE REPETICIÓN** nombrado en el literal **H.3.2.6** igualmente en el literal **H.3.2.5** permite la reducción de la profundidad en la mitad de los sondeos resultando: **TRES SONDEOS A 6.0 METROS Y UN SONDEO A 3 METROS** como condición mínima. Sin embargo, por las condiciones de acceso a la zona de la obra, la norma permite que bajo el criterio del ingeniero se pueda reemplazar los sondeos por apiques o trincheras y además suspender la perforación en estudios para categoría baja cuando se llegue a un estrato con consistencia alta o asimilable a un conglomerado rocoso.

Bajo la anterior consideración, el presente estudio **CUMPLE** con los requerimientos necesarios para la exploración del subsuelo debido a que cumple el número calculado y profundidad exigida en el reglamento.

**Imagen 2. Distribución de las exploraciones en el lote.**



**Imagen 3. Registro fotográfico de la exploración.**



### 3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el fin de realizar los ensayos necesarios para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo investigado, las muestras recuperadas fueron llevadas a laboratorio en donde se efectuó la descripción y caracterización desde el punto de vista geotécnico y se realizaron los ensayos indicados en el numeral **H.3.3.3.1 – PROPIEDADES BÁSICAS DE LOS SUELOS** en lo que exige la realización de los siguientes ensayos: Peso unitario, porcentaje de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, con el fin de obtener su clasificación con base en el Sistema de Clasificación Unificada (SUCS) y AASHTO (American Association of State Highway Officials). Igualmente se realizó el Ensayo de Corte Directo en condiciones no drenadas ni saturadas de acuerdo a las características actuales del terreno.

**Imagen 4. Registro fotográfico de los ensayos de laboratorio.**

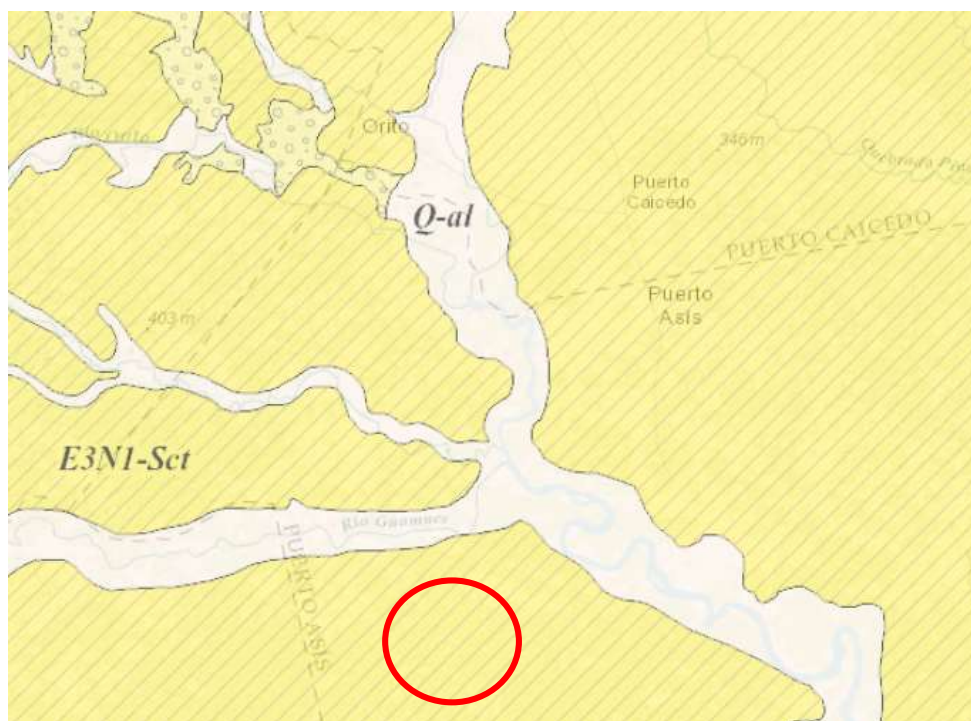


## 4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

### 4.1 Relevancia General

El marco geológico regional, revela que la geología el municipio de Puerto Asís (Putumayo) se encuentra originada en los periodos Oligoceno-Mioceno. De acuerdo a esto, existen un grupo predominante en la zona sobre la cual reposa la ciudad: Se trata de lodolitas, arenitas líticas e intercalaciones de conglomerados ferruginosos. Presenta costras de yeso y capas de carbón (E3N1-Sct), existen un grupo predominante en la zona obre la cual reposa el municipio el cual está conformado por Abanicos aluviales y depósitos coluviales (Q-ca).

**Imagen 5 Marco Geológico Regional del municipio de Puerto Asís (Putumayo).**



*Fuente: Servicio Geológico Colombiano.*

---

## 4.2 Relevancia Local

De acuerdo con las planchas IGAC 413 y 414 (1:50.000) de la macrocuenca Caguan – Putumayo la geología local de este sector presenta secuencia sedimentaria que rellena la cuenca abarca desde el Paleozoico hasta el Reciente. Durante el Paleozoico Inferior se han reportado sedimentos de margen pasivo, mientras que en el Triásico y Jurásico se han reportado condiciones de rifting. En el Cretáceo Superior - Cenozoico continúa el depósito de la secuencia sedimentaria que evidencia el inicio de la deformación compresiva, que se intensifica en el Plioceno. Las estructuras generadas en estos periodos pueden identificarse por su fosilización o por unidades remanentes que las evidencian.

A nivel del local, el grupo geológico de Mocoa a la cual hace parte el municipio de Puerto Asís, según el P.S.P predominan materiales sedentarios del Terciario (Pleoceno al Oligoceno) con edades que varían entre 5 y 40 millones de años de antigüedad. En general se presentan tres unidades geológicas distribuidas sobre una superficie de relieves plano, ondulado y colinado. La primera corresponde a una formación que reposa sobre la formación Orito, caracterizada por presentar materiales sedentarios del tipo arcillolitas rojas y pizarrosas, interestratificadas con arenizas arcillosas blancas del Terciario.

Existe también una unidad geológica (litológica) conformada por terrazas deposicionales (de origen sedimentario erosional) de los grandes ríos alcanzan más de 30 metros de espesor. Su naturaleza es ígnea y metamórfica con matriz de grano grueso. Igualmente, los materiales que constituyen las Vegas de los ríos corresponden a sedimentos caoliníticos (arcillosos) y arenosos consolidados. Como proceso geomorfológico activo se señalan, para el caso de las vegas inundables, los procesos de erosión lateral de los cauces de los ríos; y para las planicies disectadas, la soliflucción, la incisión activa (remoción en masa) y la erosión laminar.

Los municipios se encuentran ubicados sobre pendientes suaves (entre 2-12%) principalmente en las áreas de influencia de los ríos Mocoa; Caquetá y algunas de sus quebradas afluentes. Estos depósitos contienen materiales heterométricos que han sido transportados por las corrientes de ríos y quebradas, y en donde predominan las gravas y arenas con espesores normalmente menores de 20 metros; presentándose patrones de depositación que generan que los materiales más gruesos se encuentren en la zona occidental del municipio y sobre el área de influencia del río Putumayo.

**Imagen 6 Marco Geológico Local del municipio de Villa garzón, Puerto Caicedo, Puerto Asís y Valle del Guamuez (Putumayo).**



**Fuente:** Cartografía Geológica Cuenca Caguan – Putumayo (UPTC – ANH)

A. Migmatitas con estructura estromática; el neosoma de coloración rosada (feldespático) se dispone como bandas alargadas paralelas a la foliación. B. Aunque en la mayoría de casos el contacto entre paleosoma y neosoma es difuso por mezcla de materiales; en este, se observa un contacto neto bien definido.



## 5. DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO EXPLORADO

La exploración del subsuelo a partir de los tres (3) sondeos realizados por mecanismo percutivo permitió la identificación general de la estratigrafía del sector en la cual sobresalen estratos limosos de alta y baja plasticidad.

**Nivel N+0.00 corresponde al nivel actual del terreno.**

### 5.1 Resultados por exploración

**Sondeo 1 (S1):** Se realizó la perforación hasta una profundidad de 3.00 metros (Desde el N+0.10m hasta el N-3.00m). Los resultados de laboratorio indica la presencia de dos capas predominantes sobre el perfil estratigráfico. El primer estrato está conformado por suelos limo-arcillosos de baja plasticidad ML en la clasificación SUCS color marrón de consistencia media que va desde el nivel N-0.10m hasta el nivel N-1.50m. El segundo estrato está conformado por limos inorgánicos de alta plasticidad MH en la clasificación SUCS color marrón amarillento de consistencia firme a muy firme que va desde el nivel N-1.50m hasta el nivel N-3.0m. Con presencia de nivel freático en el nivel N-1.00. Se encontró una capa superficial de material orgánico Pt de 10 cm de espesor.

**Tabla 2. Datos de campo y laboratorio del sondeo 1.**

SONDEO 1				
PROFUNDIDAD (m)		CLASIFICACION S.U.C.S		DESCRIPCION
De:	Hasta:			
0.00	0.10		Pt	CAPA DE MATERIAL ORGANICO
0.10	1.00		ML	SUELOS LIMO-ARCILLOSOS DE POCA PLASTICIDAD COLOR MARRON
1.00	1.50			
1.50	2.00		MH	LIMOS INORGÁNICOS DE ALTA PLASTICIDAD, SUELOS LIMOSOS O ARENAS FINAS LIMO-ARCILLOSAS. COLOR MARRON AMARILLENTO
2.00	3.00			

SONDEO:		1	PROFUNDIDAD:	3 metros	
PROFUNDIDAD (m)		CLASIFICACION		$\phi$ '[°]	C'[KPa]
0.00	0.10		Pt	-	-
0.10	1.00		ML	20	0
1.00	1.50				
1.50	2.00		ML	22	11.15
2.00	3.00				

**Sondeo 2 (S2):** Se realizó la perforación hasta una profundidad de 3.00 metros (Desde el N+0.10m hasta el N-3.00m). Los resultados de laboratorio indica la presencia de dos capas predominantes sobre el perfil estratigráfico. El primer estrato está conformado por suelos limo-arcillosos de baja plasticidad ML en la clasificación SUCS color marrón de consistencia media que va desde el nivel N-0.10m hasta el nivel N-1.50m. El segundo estrato está conformado por limos inorgánicos de alta plasticidad ML en la clasificación SUCS color gris aceituna de consistencia firme a muy firme que va desde el nivel N-1.50m hasta el nivel N-3.0m. Con presencia de nivel freático en el nivel N-1.00. Se encontró una capa superficial de material orgánico Pt de 10 cm de espesor.

**Tabla 3. Datos de campo y laboratorio del sondeo 2.**

SONDEO 2					
PROFUNDIDAD (m)		CLASIFICACION S.U.C.S		DESCRIPCION	
De:	Hasta:				
0.00	0.10		Pt	CAPA DE MATERIAL ORGANICO	
0.10	1.00		ML	SUELOS LIMO-ARCILLOSOS DE POCA PLASTICIDAD COLOR MARRON	
1.00	1.50				
1.50	2.00		ML	SUELOS LIMO-ARCILLOSOS DE POCA PLASTICIDAD COLOR GRIS ACEITUNA CLARO	
2.00	3.00				

SONDEO:		2	PROFUNDIDAD:	3 metros	
PROFUNDIDAD (m)		CLASIFICACION		$\phi'$ [°]	C'[KPa]
0.00	0.10			Pt	0
0.10	1.00			ML	20
1.00	1.50			ML	26
1.50	2.00				
2.00	3.00				

**Sondeo 3 (S3):** Se realizó la perforación hasta una profundidad de 3.00 metros (Desde el N+0.10m hasta el N-3.00m). Los resultados de laboratorio indica la presencia de dos capas predominantes sobre el perfil estratigráfico. El primer estrato está conformado por suelos limo-arcillosos de baja plasticidad ML en la clasificación SUCS color marrón de consistencia media que va desde el nivel N-0.10m hasta el nivel N-1.50m. El segundo estrato está conformado por limos inorgánicos de alta plasticidad ML en la clasificación SUCS color marrón pálido de consistencia firme a muy firme que va desde el nivel N-1.50m hasta el nivel N-3.0m. Con presencia de nivel freático en el nivel N-1.00. Se encontró una capa superficial de material orgánico Pt de 10 cm de espesor.

**Tabla 4 Datos de campo y laboratorio del sondeo 3.**

SONDEO 3					
PROFUNDIDAD (m)		CLASIFICACION S.U.C.S		DESCRIPCION	
De:	Hasta:				
0.00	0.10		Pt	CAPA DE MATERIAL ORGANICO	
0.10	1.00		ML	SUELOS LIMO-ARCILLOSOS DE POCA PLASTICIDAD COLOR MARRON	
1.00	1.50		ML	SUELOS LIMO-ARCILLOSOS DE POCA PLASTICIDAD COLOR MARRON PALIDO	
1.50	2.00				
2.00	3.00				
SONDEO:		3	PROFUNDIDAD:	3 metros	
PROFUNDIDAD (m)		CLASIFICACION		$\phi'$ [°]	C'[KPa]
0.00	0.10			Pt	0
0.10	1.00			ML	20
1.00	1.50			ML	32
1.50	2.00				
2.00	3.00				

## **5.2 Nivel Freático**

Se encontró nivel freático sobre el nivel N- 1.00 m en todos los sondeos realizados. Cabe recordar que el nivel freático fluctúa dependiendo de la estación del año en la que se realice las exploraciones.

## 6. PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO

### 6.1 Estratigrafía predominante

De acuerdo con las exploraciones realizadas y mediante el análisis de los resultados de laboratorio, se dedujo el perfil estratigráfico homogéneo a lo largo de los sitios de exploración como se muestra a continuación:

**Tabla 5 Perfil estratigráfico predominante del terreno.**

PROFUNDIDAD (m)		CLASIFICACIÓN S.U.C.S		PARÁMETROS EFECTIVOS						$\phi'$	$c'$
De:	Hasta:			$\phi'_1$ [°]	$\phi'_2$ [°]	$\phi'_3$ [°]	$C'_1$ [KPa]	$C'_2$ [KPa]	$C'_3$ [KPa]	[°]	[KPa]
0	0.10		Pt	-	-	-	-		-	-	-
0.10	1.00		ML	20	20	20	0	0	0	20	0
1.00	1.50										
1.50	2.00		ML	22	26	32	11	13	29	27	18
2.00	3.00										

### 6.3 Angulo de fricción y Cohesión efectiva.

**Angulo de Fricción:** La fricción de un suelo está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento, a lo largo de un plano y la fuerza normal P aplicada ha dicho plano.

Para encontrar este importante parámetro se realizó el ensayo de corte directo en condición consolidado drenado de acuerdo a los lineamientos establecidos en INV-E-154 de instituto nacional de vías. Los ensayos se muestran como anexos a este informe.

**Cohesión:** La cohesión se define como la resistencia al cortante en condición drenada también denominada Cohesión efectiva. Se calculó mediante el ensayo de corte directo en condición consolidado drenado de acuerdo a los lineamientos establecidos en INV-E-154 de instituto nacional de vías. Los ensayos se muestran como anexos a este informe.

En el presente estudio se presentan estratos limo arenosos, por lo cual se considerará un suelo con propiedades predominantemente friccionantes por lo que no se tendrá en cuenta la cohesión para el cálculo de la capacidad portante y asentamientos.

#### 6.4 Clasificación del Perfil de Suelo.

Para determinar el Tipo de Perfil de Suelo y con ello, los parámetros de diseño sismoresistencia de los sitios explorados, la NSR-10 en su literal A.2.4.3 -PARÁMETROS EMPLEADOS EN LA DEFINICIÓN DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO- establece los criterios de clasificación de acuerdo a resultados de campo y/o laboratorio: (a) La velocidad media de la onda cortante,  $V_s$ , en m/s. (b) El número medio de golpes en el ensayo de Penetración Estándar,  $N$ , en golpes/pie a lo largo de todo el perfil. (c) Para estratos de suelos no cohesivos el número medio del ensayo de Penetración Estándar,  $N_{ch}$ , en golpes/pie y para los cohesivos la resistencia media al corte obtenido del ensayo para determinar su resistencia al corte no drenado,  $S_u$ , en kPa. Además del Índice de Plasticidad (IP), y el contenido de agua en porcentaje,  $w$ .

Se utilizó el literal **(c) cohesivos la resistencia media al corte obtenido del ensayo para determinar su resistencia al corte no drenado,  $S_u$ , en kPa** se obtiene por medio de:

$$\bar{s}_{ui} = \frac{d_c}{\sum_{i=1}^k \frac{d_i}{s_{ui}}}$$

donde:

$d_c$  = es la suma de los espesores de los  $k$  estratos de suelos cohesivos localizados dentro de los 30 m superiores del perfil.

$s_{ui}$  = es la resistencia al corte no drenado en kPa ( $\text{kgf/cm}^2$ ) del estrato  $i$ , la cual no debe exceder 250 kPa ( $2.5 \text{ kgf/cm}^2$ ) para realizar el promedio ponderado. Esta resistencia se mide cumpliendo la norma NTC 1527 (ASTM D 2166) o la norma NTC 2041 (ASTM D 2850).

La clasificación del Perfil de Suelo se establece de acuerdo con la Tabla A.24-2 del Reglamento, que se muestra a continuación:

**Tabla A.2.4-2**  
**Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E**

Tipo de perfil	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ o $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
<b>C</b>	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> )
<b>D</b>	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm <sup>2</sup> )
<b>E</b>	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa ( $\approx 0.5$ kgf/cm <sup>2</sup> )

**Tabla 6 Valores geotécnicos de resistencia y clasificación del perfil de suelo.**

PROFUNDIDAD (m)		CLASIFICACIÓN S.U.C.S	Y <sub>nat.</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	Φ' (-)	Su (kPa)	di/Sui	Su (kPa)	Perfil de Suelo (NSR - 10)
De:	Hasta:							
0	0.10	Pt	-	-	-	-	-	-
0.10	1.00	ML	16.00	20.0	52.0	0.03	59	D
1.00	1.50							
1.50	2.00							
2.00	3.00	ML	16.26	26.7	67.0	0.02		

De acuerdo a los resultados obtenidos se determina que el perfil de suelo predominante para este estudio será un TIPO D.

---

## 7. PARÁMETROS DE DISEÑO SISMORESISTENTE

Para efectos de la aplicación del Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes NSR-10 en el diseño de las estructuras proyectadas, se considerarán los siguientes parámetros para el diseño sismoresistente. Los valores a continuación registrados se basan en los lineamientos propuestos y exigidos en título A de NSR – 10.

- El municipio de Puerto Asís (Putumayo) se encuentra en la Zona de amenaza sísmica **INTERMEDIA**.
- Tipo de Perfil de suelo: **D**.
- **Aa** (coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva) = **0.05g**. (Fracción de la gravedad).
- **Av** (coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva) = **0.15g** (Fracción de la gravedad).
- **Fa** (Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos debida a los efectos del sitio) = **1.60**
- **Fv** (Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios debida a los efectos del sitio) = **2.20**
- Grupo de uso: **Grupo I – Estructuras de Ocupación Normal**.
- Coeficiente de importancia I: **1.00**.



## 8. PROPUESTA DE CIMENTACIÓN Y CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE.

Según las características físico-mecánicas del subsuelo estudiado y las características de la estructura proyectada, se recomienda la siguiente alternativa de cimentación superficial:

### 8.1 Losa de cimentación + Mejoramiento.

Se recomienda **cimentación superficial mediante zapatas aisladas (Cuadradas o alargadas) + Mejoramiento.**

Se evaluó la cimentación mediante la fórmula general de Meyerhof (1977) para zapatas aisladas (rectangulares y/o cuadradas):

$$q_f = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

Donde:

Los Factores de Capacidad de Soporte son:

$$N_q = e^{x \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \tan(1,4 \cdot \phi)$$

Los Factores de forma de cimiento:

$$S_c = 1 + 0,2 \cdot K_p \cdot \frac{B}{L}$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0,1 \cdot K_p \cdot \frac{B}{L}$$

$$S_c \text{ y } S_\gamma = 1 \rightarrow \text{cuando } \phi = 0^\circ$$

Factores de Corrección por profundidad del sello de cimentación son:

$$d_c = 1 + 0.2 * \sqrt{Kp} * \frac{D_f}{B}$$

$$d_q = 1 + 0.1 * \sqrt{Kp} * \frac{D_f}{B}$$

$$d_\gamma = 1 + 0.1 * \sqrt{Kp} * \frac{D_f}{B}$$

$$d_c \text{ y } d_\gamma = 1 \rightarrow \text{cuando } \phi = 0^\circ$$

El coeficiente de empuje de presiones **Kp** es igual a la siguiente expresión:

$$Kp = tg^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

El suelo de fundación tiene las siguientes características:

- **Estrato predominante:** Suelos compuestos por limos de baja plasticidad con arena ML en la clasificación SUCS color marrón de consistencia firme.
- **Angulo de fricción promedio:** 27° (Valor promedio de los estratos de apoyo).
- **Cohesión no drenada promedio:** 0.00 Tn/m<sup>2</sup>.
- **Peso volumétrico natural promedio:** 1.66 Tn/m<sup>3</sup>. (Sobre nivel freático).
- **Profundidad de desplante mínimo:** Se recomienda losa con desplante no inferior a **1.50 metros (N -1.50m)** contados desde el nivel actual del terreno.
- **Mejoramiento:** Se debe realizar **sobrecimiento de mejoramiento** de **30 cm** bajo la losa en material de río compactado al menos al 90% de la densidad obtenida en el ensayo de proctor modificado o emplear ciclópeo de calidad.

Así, se pudo determinar la capacidad de soporte del suelo para la cimentación superficial:

## Imagen 7 Parámetros para cálculo de la capacidad portante

### Hoja de Calculo para la ecuación general de la capacidad de carga (EGCC) PARA SUELOS NO FRICCIONANTES

$$q_u = cN_c[f_c d_c i_c g_c b_c] + qN_q[f_q d_q i_q g_q b_q] + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma[f_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma]$$

#### 1. Características del suelo de cimentación

c, Su	0	kPa
$\phi$	27°	
$\phi$	0.47	rad

Peso unitario del suelo encima de la cimentación	$\gamma_0$	16	kN/m3
	$\gamma_{sat0}$	17	kN/m3
	$\gamma'_0$	7.19	kN/m3
Peso unitario del suelo debajo de la cimentación	$\gamma_1$	16.6	kN/m3
	$\gamma_{sat1}$	17.2	kN/m3
	$\gamma'_1$	7.39	kN/m3

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

#### 1.a Calculo de los factores de capacidad de carga

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi} \quad N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

Nc	Nq	Ny
23.43	12.79	13.87

$$i_c = i_q = \left( 1 - \frac{\beta}{90} \right)^2$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$$

$$f_c = 1 + \frac{B' N_q}{L' N_c}$$

$$f_q = 1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi$$

$$f_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'}$$

**Tabla 7 Capacidad portante para losa de cimentación de 4.40 m x 8.43 m en función de la profundidad.**

Tabla resumen de capacidad del suelo				
Df [m]	B	L	Losa de Cimentación de 4.4m x 8.43 m	
	[m]	[m]	qadm [kPa]	Padm [kN]
1	4.40	8.43	152	5621
1.5	4.40	8.43	176	6524
2	4.40	8.43	202	7477
2.5	4.40	8.43	229	8479
3	4.40	8.43	257	9531
4	4.40	8.43	318	11784
5	4.40	8.43	363	13454
6	4.40	8.43	419	15542

Nueva Via Panamericana, Kilometro 12 – Buesaquillo Alto (Pasto, Nariño)

Calle 28 No 20-17 B/ Jorge Eliecer Gaitán (Puerto Asís, Putumayo)

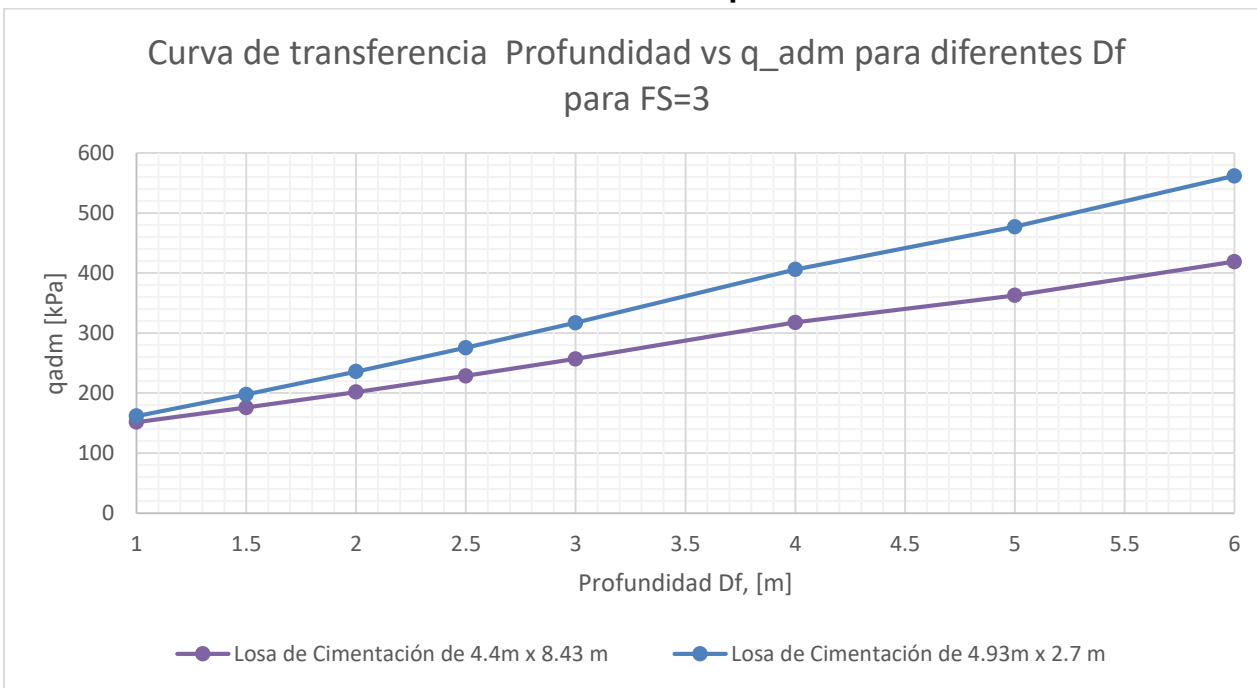
320 331 3824

osfafranco@gmail.com

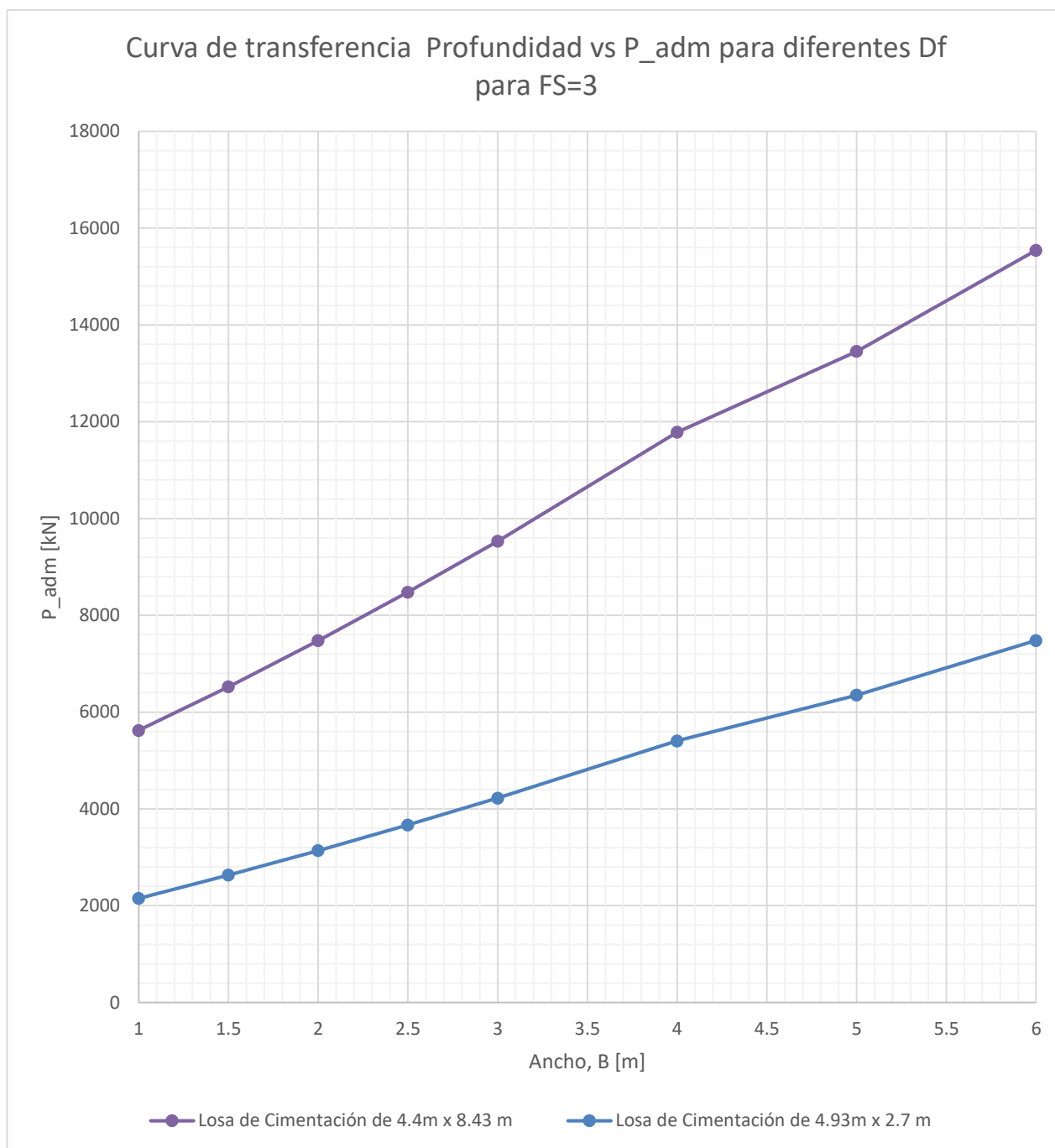
**Tabla 8 Capacidad portante para losa de cimentación de 4.93 m x 2.70 m en función de la profundidad.**

Tabla resumen de capacidad del suelo				
Df [m]	B	L	Losa de Cimentación de 4.93m x 2.7 m	
	[m]	[m]	qadm [kPa]	Padm [kN]
1	4.93	2.70	162	2152
1.5	4.93	2.70	198	2633
2	4.93	2.70	236	3139
2.5	4.93	2.70	276	3669
3	4.93	2.70	317	4223
4	4.93	2.70	406	5404
5	4.93	2.70	477	6352
6	4.93	2.70	562	7480

**Imagen 8 Curva de Transferencia de Carga para diferentes profundidades y para ambas losas en función de capacidad admisible**



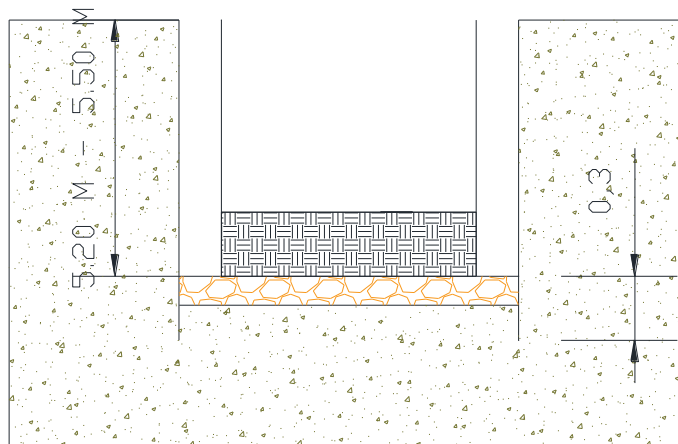
**Imagen 9 Curva de Transferencia de Carga para diferentes profundidades y anchos de zapata en función de Carga Admisible**



Por tanto, se concluye una carga portante admisible de **500 kPa (5.0 Tn/m<sup>2</sup>)**, con factor de seguridad de **tres (3)** a una profundidad de desplante informada por el cliente de **5.2 metros (N-5.20m)** contados desde el nivel actual del terreno para una losa rectangular de 4.4 m x 8.43 m. Y una carga portante admisible de **390 kPa (3.9 Tn/m<sup>2</sup>)**, con factor de seguridad de **tres (3)** a una profundidad de desplante informada por el cliente de **5.5 metros (N-5.20m)** contados desde el nivel actual del terreno para una losa rectangular de 4.93 m x 2.70 m. De acuerdo a las condiciones de carga estimadas por el ingeniero estructural del proyecto se podrá variar las capacidades y dimensiones de las zapatas de acuerdo a las imágenes 8 y 9 del presente informe.

Se debe realizar **sobrecimiento de mejoramiento** de **30cm** bajo la losa en material de río o ciclópeo de calidad y **20cm** de sobreancho en todas las direcciones. (Ver Imagen 10).

#### Imagen 10. Configuración de cimentación propuesta.



Es importante retirar el material superficial de material orgánico y reemplazarlo con rebase o material seleccionado hasta alcanzar las cotas de trabajo previo sometimiento a jornadas de densificación. El material de mejoramiento tiene dos funciones importantes en la estructura, la primera es disipar y transmitir los esfuerzos de la zapata, y la segunda servir como una región de transición entre la zapata rígida y el suelo flexible, por eso es de gran importancia y cuidado durante su instalación.

## 8.2 Asentamientos

El cálculo de asentamientos de acuerdo a las características del suelo de apoyo, es considerado un efecto meramente elástico, es decir, solo se procederá a calcular el asentamiento inmediato debido a la composición no cohesiva de la capa de apoyo por tanto su cuantificación será el resultado de la siguiente relación propuesta por Schmertmann y Hartman (1978):

$$\delta_e = C_1 C_2 (\bar{q} - q) \sum_0^{z_2} \frac{I_z}{E_s} \Delta z$$

Dónde:

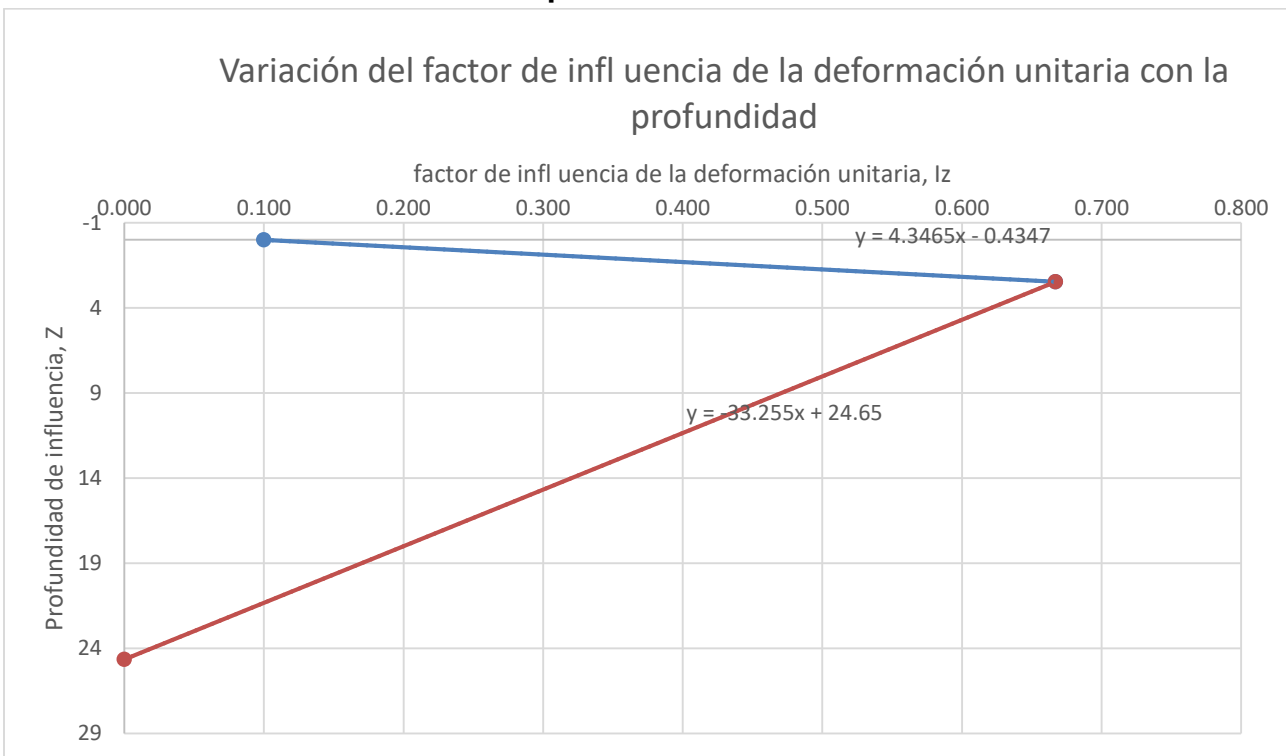
$q_0$ : Intensidad de la carga (MPa): 0.5 y 0.39 (50 y 39 Ton/m<sup>2</sup> que es la máxima presión admitida para las condiciones iniciales del suelo de apoyo).

A: Área de la losa (m<sup>2</sup>): 37.092 (Se analizó para fracción de losa de 1x1m aproximadamente).

$E_s$ : Modulo de Young (MPa): 9. (Constantes elásticas de acuerdo a U.S. Department the Navy (1982) y Bowles (1988) para suelos granulares).

$\nu$ : Coeficiente de Poisson (-): 0.30. (Constantes elásticas de acuerdo a U.S. Department the Navy (1982) y Bowles (1988) para arenas limosas arcillosas).

**Imagen 11 Variación del factor de influencia de la deformación unitaria con la profundidad**



**Tabla 9 Distribución de esfuerzos y asentamientos en la profundidad de influencia de la carga**

i	$\Delta z$	Z pm [m]	iz	Es [kPa]	$\Delta z * Iz / Es$	Se [mm]
1	0.5	0.5	0.22	9000	0.000012	113.24
2	0.5	1	0.22	9000	0.000012	
3	0.8	1.8	0.69	9000	0.000062	
4	1.2	3	0.68	9000	0.000091	
5	2	5	0.65	9000	0.000145	
<b>SUMA</b>					0.00032	

Se determinó un valor de **asentamiento máximo esperado de 113.24 mm** para la placa de 4.40 m x 8.43 y un valor de **asentamiento máximo esperado de 199.60 mm** para la placa de 4.93 m x 2.70.



### 8.3 Coeficientes de empuje

Para efecto de diseño de estructuras de contención o las paredes de los tanques que estarán sometidas a empujes laterales se emiten los siguientes coeficientes de empujes, activo, pasivo y de reposo.

$$K_o = 1 - \text{sen } \phi'$$

$$K_a = \frac{\sigma'_a}{\sigma'_o} = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)$$

<b>Empuje Activo</b>		<b>Ka</b>	<b>0.38</b>
<b>Empuje Pasivo</b>		<b>Kp</b>	<b>2.63</b>
<b>Empuje reposo</b>		<b>Ko</b>	<b>0.55</b>

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**9.1 Alcance y limitaciones:** El presente informe se realizó en base a las investigaciones de campo que se desarrolló y los resultados obtenidos de las muestras extraídas de cada estrato. Las ubicaciones de los sondeos fueron establecidas de tal que sea posible abarcar toda el área intervenida por la construcción y estimar la estratigrafía del sector.

Si durante la etapa de excavación y desplante se encuentran condiciones del subsuelo diferentes a las aquí estudiadas debe alertarse oportunamente al profesional para complementar la información y recomendaciones geotécnicas suministradas.

**9.2 Propuesta de Cimentación:** Teniendo en cuenta las propiedades hidráulicas, físicas y mecánicas de los suelos, se recomienda para la cimentación de la estructura mediante **losas de cimentación para cada tanque de 4.40 x 8.43 m y 4.93 x 2.70 m, a una profundidad de 5.20 metros y 5.50 (N-5.20m y N-5.30m) contados desde el nivel actual del terreno cuya capacidad portante resultante respectivamente es de 50 Tn/m<sup>2</sup> y 39 Tn/m<sup>2</sup> (Ver Tabla 7 y 8).**

Se debe realizar **sobrecimiento de mejoramiento** de **30cm** bajo la zapata (**N-5.50m y N-5.80m**) en material de río o ciclópeo de calidad y **20cm** de sobreancho en todas las direcciones (Ver Imagen 10).

**9.3 Parámetros de Diseño Sismoresistente:** El municipio de Puerto Asís (Putumayo) se encuentra ubicado en zona **INTERMEDIA** de riesgo sísmico, por lo cual los coeficientes de diseño para la resistencia a sismos son:

- ❖ Tipo de Perfil de suelo: **D** .
- ❖  $A_a = 0.05g$ .
- ❖  $A_v = 0.15g$ .
- ❖  $F_a = 1.60$ .
- ❖  $F_v = 2.20$ .
- ❖ Grupo de uso: **Grupo I – Estructuras de Ocupación Normal.**

❖ Coeficiente de importancia I: **1.00.**

**9.4 Placa de contrapiso:** El espesor mínimo para la placa de contrapiso será de 10 cm. Deberá removerse la totalidad de la capa superficial de material orgánico.

La placa deberá apoyarse sobre capa de material granular seleccionado de un espesor de 20 cm compactado al 95% de la densidad del Proctor Modificado o directamente sobre el terreno con previo sometimiento a jornadas de densificación y/o compactación hasta alcanzar el máximo valor de su Proctor Modificado.

**9.5 Asentamientos:** Se evaluó los asentamientos en las alternativas de cimentación a partir del efecto elástico en el suelo de fundación y la deformación producida por la carga a transmitir. Los cálculos se presentan en el numeral 8 y del cual se obtienen valores de asentamiento máximo menores a 1" (2.54cm) a largo tiempo, lo que se consideran aceptables.

**9.6 Aspectos adicionales:** No se encontró información o no existe microzonificación geológica dentro del casco urbano para observar fallas o fenómenos geológicos locales, por tanto, el presente informe no abarca este componente de manera singular al proyecto. Se recomienda al contratante indagar a las autoridades competentes sobre la vulnerabilidad del lote a fenómenos de erosión, meteorización, inundaciones, remoción en masa, deslizamientos etc. y la viabilidad técnica desde este aspecto frente a futuras construcciones dentro del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio.

Atentamente,

---

OSCAR FABIÁN FRANCO PANTOJA  
INGENIERO CIVIL  
M.P. 52202 - 377331 NARIÑO



---

FIN DEL ESTUDIO: -v1- ECG y RC, ED1N PTAR CARMELITA, PUERTO ASÍS (PUTUMAYO)

## ANEXOS

# ANEXO A

# REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO

---

Nueva Vía Panamericana, Kilometro 12 – Buesaquillo Alto (Pasto, Nariño)  
Calle 28 No 20-17 B/ Jorge Eliecer Gaitán (Puerto Asís, Putumayo)  
320 331 3824  
osfafranco@gmail.com



**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO: “INTERCONEXION  
ELECTRICA PUERTO LEGUIZAMO - SOPLIN VARGAS, PROYECCION  
TORRE EN VEREDA LA UNION, MUNICIPIO DE PUERTO LEGUIZAMO  
DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”.**

**ALCALDIA MUNICIPAL DE PUERTO LEGUIZAMO**

**SEPTIEMBRE DE 2020**



## Contenido

INTRODUCCION .....	3
OBJETIVOS .....	4
Objetivo principal .....	4
Objetivos específicos.....	4
1. LOCALIZACION .....	5
2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR Y DE LA ESTRUCTURA .....	6
3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO.....	6
4. ESTRATIGRAFIA.....	8
5. EXPLORACION DEL SUBSUELO.....	8
5.1 Exploración de Campo.....	8
5.2 Ensayos de Laboratorio.....	8
5.3 Caracterización Geotécnica de los sondeos.....	9
5.3.1 Sondeo 1:.....	9
5.3.2 Sondeo 2:.....	9
5.3.3 Sondeo 3:.....	10
5.3.4 Sondeo 4:.....	10
6. REGISTRO FOTOGRAFICO .....	11
7. POTENCIAL EXPANSIVO.....	14
8. RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO SPT .....	14
8.1 Resultados ensayos de campo .....	14
8.2 Resultados obtenidos para cada profundidad de ensayo.....	15
8.3 Módulo de Young (Es): .....	17
8.5 Carga Admisible cimentación tipo zapata.....	17
8.7 Carga Admisible cimentación tipo pilote .....	19
9. ESTRUCTURA DE CIMENTACION .....	21
10. PARAMETROS SISMICOS PARA LA OBTENCION DEL ESPECTRO DE DISEÑO .....	21



## INTRODUCCION

El estudio que a continuación se presenta se realizó por solicitud de la Alcaldía Municipal de Puerto Leguizamo – Departamento del Putumayo. Con el fin de realizar recomendaciones geotécnicas para los diseños y construcción de una estructura tipo torre de interconexión eléctrica, Ubicada en la vereda la Unión, zona rural del municipio de Puerto Leguizamo.

El área donde se proyecta la construcción, al momento de realizar el estudio, es un terreno limpio, conformado por potreros. El sector presenta una topografía plana con pendientes mínimas.

El estudio realizado comprende:

- Trabajo de campo con apiques para obtención de muestras.
- Trabajo de campo con el equipo (SPT)
- Ejecución, cálculo y presentación de los diferentes ensayos de laboratorio y de campo realizados.
- Descripción e identificación de la estratigrafía encontrada en los tramos.
- Análisis y recomendaciones para el diseño geotécnico de la cimentación más adecuada para la estructura de torre de interconexión eléctrica.
- Informe fotográfico de los trabajos de campo.



## OBJETIVOS

### Objetivo principal

El objetivo se orienta a dar recomendaciones geotécnicas para el diseño de la estructura torre de interconexión eléctrica.

### Objetivos específicos

- Conocer la capacidad portante del terreno donde se apoyará la estructura.
- Conocer el perfil estratigráfico del subsuelo y la posición del nivel freático en el tramo en estudio.
- Ejecución, cálculo y presentación de los diferentes ensayos de laboratorio y campo realizados.
- Evaluación de los resultados de los ensayos realizados en campo y de los ensayos de laboratorio.
- Realizar las recomendaciones para cimentaciones superficiales tipo zapatas.
- Realizar recomendaciones para cimentaciones profundas tipo pilotes o caissons.
- Recomendar procesos constructivos específicos de la obra.





## 1. LOCALIZACION

El área en estudio está ubicada en la zona rural del municipio de Puerto Leguizamo, Departamento del Putumayo; en la vereda la Unión por el margen izquierdo del río Putumayo. La imagen satelital de la localización general en el municipio de Puerto Leguizamó y las coordenadas de ubicación de los sondeos realizados en el sitio donde se llevará a cabo el proyecto se relacionan a continuación.

Para este proyecto se escogieron cuatro puntos para la realización de los sondeos, siguiendo los lineamientos de la NSR-10, se realizaron los sondeos a 15 metros de profundidad espaciados entre sí a una distancia de 8 metros.



*Figura 1 Localización general, área de proyecto  
Fuente: Google Earth Pro, con modificación propia*



Figura 2 Localización sondeos realizados  
Fuente: Google Earth Pro, con modificación propia

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE SONDEOS Y APIQUES REALIZADOS			
SONDEO #	VEREDA	LATITUD	LONGITUD
S-1	La Unión	0°13'51.25"S	74°45'24.83"O
S-2		0°13'51.48"S	74°45'24.86"O
S-3		0°13'51.47"S	74°45'25.08"O
S-4		0°13'51.22"S	74°45'25.09"O

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR Y DE LA ESTRUCTURA

De acuerdo a la información suministrada por la Alcaldía Municipal de Puerto Leguízamo, en el área donde se realizó el estudio se proyecta la construcción de una torre de interconexión eléctrica de aproximadamente 45 metros de altura.

## 3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

A nivel geológico regional el Municipio de Puerto Leguízamo, se encuentra ubicado en la región sur oriental, presenta una topografía plana. En la Figura No.1 se visualiza la geología regional del sector con su respectiva leyenda.

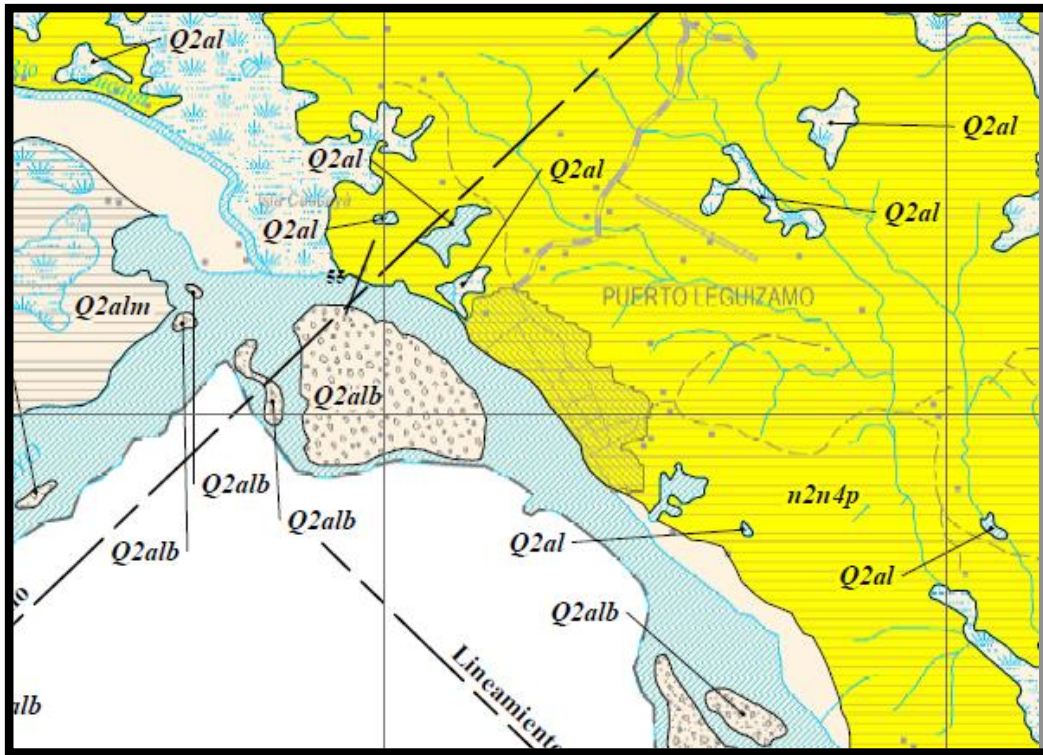
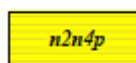
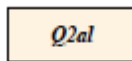


Figura 3 Plancha Geológica regional municipio de Puerto Leguizamo

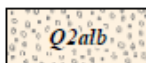
Fuente: Servicio Geológico de Colombia



**Formación Pebas:** intercalaciones de lodolitas, limolitas y arcillolitas de color gris verdoso a gris amarillento, con presencia de restos vegetales carbonizados. Las capas son gruesas y muy gruesas, tabulares, masivas y con contactos netos.



**Depósitos Aluviales de Llanura de Inundación:** lodos arenosos, arenas, arenas lodosas y arenas lodosas levemente gravosas, en capas gruesas de colores gris y marrón pálido, generalmente masivas y localmente con laminaciones onduladas y planas paralelas.



**Depósitos Aluviales de Barras de Canal:** arenas levemente gravosas, arenas lodosas, lodos arenosos y lodos arenosos levemente gravosos, de color marrón amarillento, dispuestos en capas delgadas a medias, en contactos transicionales y algunas veces con laminación plana paralela. Localmente se encuentran láminas con acumulación de restos vegetales.



## 4. ESTRATIGRAFIA

- Las lodolitas, limolitas y arcillolitas de color gris verdoso a gris amarillento (*n2n4p*) prevalecen en el área de estudio, pertenecen a la era del Cenozoico ZC, al periodo Neogeno N, a la época del Mioceno N, y a la era del Burdigaliano *n2* y al Serravaliano *n4*.
- Se presentan lodolitas, arenitas líticas e intercalaciones de conglomerados ferruginosos. Presenta costras de yeso y capas de carbón de la Edad del Oligoceno – Mioceno.
- Se presentan de igual manera Depósitos Aluviales de Llanura de Inundación (*Q2al*) y Depósitos Aluviales de Barras de Canal (*Q2alb*) que bordean el área de estudio.

## 5. EXPLORACION DEL SUBSUELO

Con el fin de caracterizar las propiedades geo mecánicas y disposición de los materiales del subsuelo en profundidad se realiza una caracterización geotécnica de la zona de estudio. Esta caracterización geotécnica comprende la realización de actividades de campo que corresponden a las perforaciones realizadas mediante equipos de perforación mecánica, y ensayos de SPT. A continuación, se describen cada una de estas actividades y los resultados obtenidos.

### 5.1 Exploración de Campo

Con el fin de investigar las propiedades físico mecánicas del sub-suelo se realizaron Cuatro (4) sondeos verticales a profundidad de entre 0m y 15m; con el fin de realizar las pruebas de campo y recuperación de las muestras de suelos requeridas para conocer por medio de pruebas de laboratorio, los parámetros más determinantes, tanto en el cálculo de la capacidad portante para el diseño de las cimentaciones como en los materiales a utilizar para el mejoramiento de suelo en caso de ser necesario.

### 5.2 Ensayos de Laboratorio.

De cada apique se tomaron muestras para realizar los ensayos de laboratorio. A las muestras recuperadas se les realizo los ensayos relacionados a continuación.

TIPO DE ENSAYO	NORMA INV	CANTIDAD
----------------	-----------	----------



Determinación del contenido de humedad natural	INV-E-122	1
Determinación de la granulometría por tamizado	INV-E-124	1
Determinación del Limite Líquido	INV-E-125	1
Determinación del Limite Plástico	INV-E-127	1
Ensayo de compresión confinada	INV-E-152	1
Ensayo de corte directo	INV-E-152	1
Ensayo SPT	INV-E-111	1

En los anexos se presenta el resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados.

### 5.3 Caracterización Geotécnica de los sondeos.

Con el fin de conocer el perfil estratigráfico, se realizaron 4 sondeos de forma tal que permitieran la recolección de datos representativos. Se realiza el registro de los espesores de las diferentes capas, y la toma de muestras de suelo, con el fin de determinar las características de la misma.

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos de cada uno de las muestras, mediante los ensayos de laboratorio y el perfil estratigráfico.

#### 5.3.1 Sondeo 1:

Se realizó un sondeo a una profundidad comprendida entre 0.0m y 15.0m, con prueba de SPT. La estratificación obtenida corresponde a:

- ✓ Suelo compuesto por capa vegetal, en profundidad de 0.00m a 0.20m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color marrón, en profundidad de 0.20m a 3.00m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color gris, en profundidad de 3,00m a 6.00m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de alta plasticidad, color gris, en profundidad de 6.00m a 15,00m
- ✓ Nivel freático se encontró a profundidad de 10.30m.

#### 5.3.2 Sondeo 2:

Se realizó un sondeo a una profundidad comprendida entre 0.0m y 15.0m, con prueba de SPT. La estratificación obtenida corresponde a:



- ✓ Suelo compuesto por capa vegetal, en profundidad de 0.00m a 0.20m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color marrón, en profundidad de 0.20m a 3.00m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color gris, en profundidad de 3.00m a 15.00m
- ✓ Nivel freático se encontró a profundidad de 10.30m.

### 5.3.3 Sondeo 3:

Se realizó un sondeo a una profundidad comprendida entre 0.0m y 15.0m, con prueba de SPT. La estratificación obtenida corresponde a:

- ✓ Suelo compuesto por capa vegetal, en profundidad de 0.00m a 0.20m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color marrón, en profundidad de 0.20m a 3.00m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color gris, en profundidad de 3.00m a 15.00m
- ✓ Nivel freático se encontró a profundidad de 10.30m.

### 5.3.4 Sondeo 4:

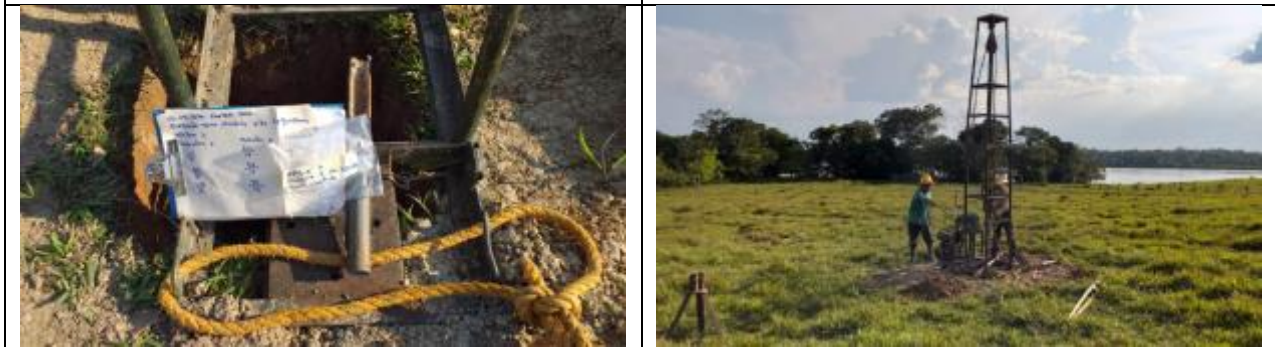
Se realizó un sondeo a una profundidad comprendida entre 0.0m y 15.0m, con prueba de SPT. La estratificación obtenida corresponde a:

- ✓ Suelo compuesto por capa vegetal, en profundidad de 0.00m a 0.20m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color naranja, en profundidad de 0.20m a 1.50m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color marrón, en profundidad de 1.50m a 3.00m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de alta plasticidad, color gris, en profundidad de 3.00m a 4.50m
- ✓ Suelo compuesto por arcilla de baja plasticidad, color gris, en profundidad de 4.50m a 15.00m
- ✓ Nivel freático se encontró a profundidad de 10.30m.

**Nota:** Es importante mencionar que la condición del N.F. puede variar dependiendo de la época del año y de la intensidad de las lluvias.

## 6. REGISTRO FOTOGRAFICO

### Sondeo 1



### Sondeo 2





**Sondeo 3**







**Sondeo 4**





## 7. POTENCIAL EXPANSIVO

La tabla que se presenta a continuación, muestra una clasificación de expansión y plasticidad en función de las propiedades índice del suelo (límite líquido e índice de plasticidad), la cual nos proporciona una idea del comportamiento del suelo, especialmente si este entra en contacto con el agua y se mantiene en periodos prolongados.

POTENCIAL EXPANSIVO	LIMITE LIQUIDO	INDICE DE PLASTICIDAD
Muy Alto	➤ 63	➤ 32
Alto	50 – 63	23 – 45
Medio	39 – 50	45 – 34
Bajo	< 39	< 20

Con base a esta clasificación se analizarán los resultados en el capítulo de conclusiones y recomendaciones.

## 8. RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO SPT

### 8.1 Resultados ensayos de campo

Los resultados del ensayo SPT se corrigieron a partir de consideraciones que tienen en cuenta la energía, por lo tanto, el valor que se obtiene del  $N_{campo}$  incluye los siguientes factores (Bowles, 1996):

$$N_{COR} = C_N * N_{CAMPO} * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4$$

Dónde:

- $N_{cor}$  = valor del N campo corregido
- $C_N$  = factor de corrección dado por la sobrecarga efectiva del suelo
- $\eta_1$  = factor de corrección por energía del martillo
- $\eta_2$  = factor de corrección por longitud de la varilla
- $\eta_3$  = factor de corrección por resistencia interna del toma muestras
- $\eta_4$  = factor de corrección por diámetro de la perforación



Las pruebas SPT se llevaron a cabo con una pesa de 140 libras. El cálculo del  $N_{60}$  se realizó para una energía del 60%, con una energía de referencia para Colombia de 45%.

## 8.2 Resultados obtenidos para cada profundidad de ensayo.

Los valores hallados para cada profundidad de ensayo se presentan a continuación:

ENSAYO SPT, N DE CAMPO				
Sondeo No.	Profundidad (m)			N <sub>CAMPO</sub> (g/pie)
1	0.20	-	1.50	18
	1.50	-	3.00	34
	3.00	-	4.50	48
	4.50	-	6.00	50
	6.00	-	15.00	66
2	0.20	-	1.50	20
	1.50	-	3.00	21
	3.00	-	4.50	32
	4.50	-	6.00	49
	6.00	-	15.00	47
3	0.20	-	1.50	9
	1.50	-	3.00	20
	3.00	-	4.50	40
	4.50	-	6.00	50
	6.00	-	15.00	59
4	0.20	-	1.50	6
	1.50	-	3.00	16
	3.00	-	4.50	40
	4.50	-	6.00	45

N CORREGIDO Y N <sub>60</sub>								
Sondeo No.	Profundidad (m)			Profundidad Prom. (m)	N (g/pie)	γ (KN/m <sup>3</sup> )	N Corregido	N <sub>60</sub> (g/pie)
1	0.20	-	1.50	0.85	18	14.25	36.00	14



	1.50	-	3.00	2.25	34	14.3	58.66	26
	3.00	-	4.50	3.75	48	14.9	62.84	36
	4.50	-	6.00	5.25	50	15.01	55.12	38
	6.00	-	15.00	10.50	66	14.98	51.50	50
2	0.20	-	1.50	0.85	20	14.2	40.00	15
	1.50	-	3.00	2.25	21	14.6	35.85	16
	3.00	-	4.50	3.75	32	14.4	42.61	24
	4.50	-	6.00	5.25	49	14.15	55.63	37
	6.00	-	15.00	10.50	47	14.75	36.96	35
3	0.20	-	1.50	0.85	9	14	18.00	7
	1.50	-	3.00	2.25	20	14.6	34.15	15
	3.00	-	4.50	3.75	40	15.01	52.17	30
	4.50	-	6.00	5.25	50	14.7	55.70	38
	6.00	-	15.00	10.50	59	14.6	46.63	44
4	0.20	-	1.50	0.85	6	14.2	12.00	5
	1.50	-	3.00	2.25	16	14.7	27.22	12
	3.00	-	4.50	3.75	40	14.3	53.45	30
	4.50	-	6.00	5.25	45	14.2	51.00	34

Sondeo No.	Profundidad (m)			Promedio $\phi$	$\phi$ Corregido
1	0.20	-	1.50	36.15	27.6
	1.50	-	3.00	41.51	32.3
	3.00	-	4.50	43.27	33.9
	4.50	-	6.00	42.70	33.4
	6.00	-	15.00	43.32	34.0
2	0.20	-	1.50	36.77	28.1
	1.50	-	3.00	36.66	28.0
	3.00	-	4.50	39.21	30.2
	4.50	-	6.00	42.61	33.3
	6.00	-	15.00	40.21	31.1
3	0.20	-	1.50	30.98	23.2
	1.50	-	3.00	36.11	27.5
	3.00	-	4.50	41.29	32.1
	4.50	-	6.00	42.77	33.5

GEOTEK SAS. Laboratorio de suelos, Topografía y Geotecnia  
 Rep. Legal. Yasmin Rocío Montenegro Delgado  
 Cel.3107911941 Barrio Villa del Sol, Villagarzón Putumayo.



	6.00	-	15.00	42.22	32.9
4	0.20	-	1.50	28.99	21.6
	1.50	-	3.00	34.31	26
	3.00	-	4.50	41.43	32.2
	4.50	-	6.00	41.74	32.5
	6.00	-	15.00	36.31	27.7

### 8.3 Módulo de Young (Es):

Se determinó de acuerdo a Schmertmann (1970). Donde se utiliza un valor N1 que corresponde al N del SPT corregido, fórmula propuesta por (Terzaghi et al., 1996).

$$N_{corr} = 15 + 0.5(N - 15) = N1$$

$$E = 0.4N1 \text{ (MPa)}$$

**E** : 8.4 Mpa

**E** : 86.11 Kg/cm<sup>2</sup>

### 8.4 Coeficiente de presión de tierras:

Coeficiente de presión activa de Rankine **Ka** = 2.56

Coeficiente de presión de tierra en reposo **Ko** = 0.51

### 8.5 Carga Admisible cimentación tipo zapata

Teniendo en cuenta las condiciones del terreno, el tipo de material, la presencia de nivel freático >10m de profundidad y los resultados arrojados en este estudio, se determina que la profundidad de desplante para la construcción de la Torre de energía deberá realizarse a 2.00m por debajo del nivel del terreno.

Por lo tanto, la cimentación puede realizarse mediante la configuración de zapatas cuadradas individuales o mediante la construcción de una losa de cimentación. Las siguientes tablas muestran la capacidad portante a la profundidad recomendada para



diferentes dimensiones de zapatas cuadradas, junto con la carga permisible a partir de los postulados de Terzaghi.

Cohesión (C):

29.52	KN/m <sup>2</sup>
14.3	KN/m <sup>3</sup>
26	°

Df:

2.0	m
3.00	

γ:

F.S:

∅:

L (m)	Df	γ	∅	Nc	Nq	Nγ	qu (KN/m <sup>2</sup> )	qperm (KN/m <sup>2</sup> )	Qperm total (KN)
1.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	1502.30	500.77	501
2.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	1558.58	519.53	2078
3.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	1614.87	538.29	4845
4.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	1671.15	557.05	8913
5.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	1727.44	575.81	14395
6.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	1783.72	594.57	21405
7.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	1840.01	613.34	30053
8.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	1896.29	632.10	40454
9.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	1952.58	650.86	52720
10.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	2008.86	669.62	66962
11.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	2065.14	688.38	83294
12.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	2121.43	707.14	101829
13.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	2177.71	725.90	122678
14.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	2234.00	744.67	145955
15.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	2290.28	763.43	171771
16.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	2346.57	782.19	200241
17.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	2402.85	800.95	231475
18.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	2459.14	819.71	265587
19.00	2.00	14.30	26	27.09	14.21	9.84	2515.42	838.47	302689

## 8.6 Coeficiente de balasto

Para zapatas cuadradas:

L (m)	K (KN/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )
1	18000	1.83
2	9000	0.92
3	6000	0.61



4	4500	0.46
5	3600	0.37
6	3000	0.31
7	2571	0.26
8	2250	0.23
9	2000	0.20
10	1800	0.18
11	1636	0.17
12	1500	0.15
13	1385	0.14
14	1286	0.13
15	1200	0.12
16	1125	0.11
17	1059	0.11
18	1000	0.10
19	947	0.10
20	900	0.09

### 8.7 Carga Admisible cimentación tipo pilote

A solicitud del cliente se plantea una tercera alternativa de cimentación que consiste en la construcción de pilotes. Dado que el estudio se realizó a 15m de profundidad y no se encontró punto de rechazo, y teniendo en cuenta el tipo de suelo encontrado (arcilla de baja plasticidad consolidada con presencia de nivel freático >10m), es posible considerar una profundidad de desplante de 6.0m.

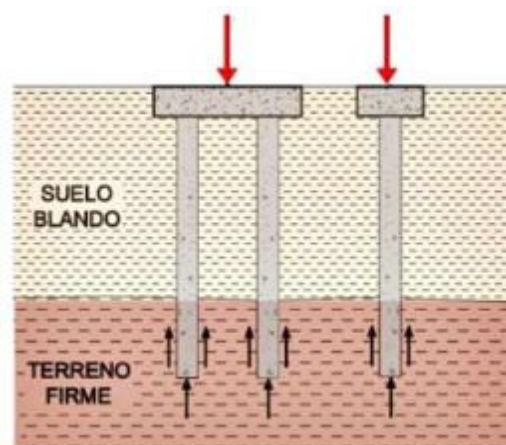
La siguiente tabla muestra la capacidad portante a la profundidad recomendada para diferentes diámetros, junto con la carga permisible.

Diámetro (m)	Df	$\gamma$	$\phi$	C	Nc	Nq	N $\gamma$	q <sub>u</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>perm</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	Q <sub>perm total</sub> (KN)
0.50	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1889.77	629.9	123.7
0.60	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1892.81	630.9	178.4
0.70	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1895.84	631.9	243.2
0.80	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1898.88	633.0	318.2
0.90	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1901.92	634.0	403.3
1.00	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1904.96	635.0	498.7



1.10	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1907.99	636.0	604.4
1.20	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1911.03	637.0	720.4
1.30	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1914.07	638.0	846.9
1.40	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1917.11	639.0	983.7
1.50	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1920.14	640.0	1131.1
1.60	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1923.18	641.1	1288.9
1.70	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1926.22	642.1	1457.4
1.80	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1929.26	643.1	1636.5
1.90	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1932.29	644.1	1826.2
2.00	6.00	14.30	24	29.52	23.36	11.40	7.08	1935.33	645.1	2026.7

La siguiente gráfica describe el tipo de cimentación tipo pilotes:



### 8.8 Coeficiente de balasto Horizontal

Teniendo en cuenta las condiciones del terreno, se determina el coeficiente de balasto horizontal aplicado a cimentaciones tipo pilotes (Meyerhof and Baize, 1965).

Díámetro pilote (m)	Coef. De Balasto Horizontal (KN/m <sup>3</sup> )	Coef. De Balasto Horizontal (kg/cm <sup>3</sup> )
0.5	20100	2.05
0.6	16750	1.71
0.7	14350	1.46
0.8	12560	1.28
0.9	11160	1.14





1.0	10050	1.02
1.1	9130	0.93
1.2	8370	0.85
1.3	7730	0.79
1.4	7180	0.73
1.5	6700	0.68
1.6	6280	0.64
1.7	5910	0.60
1.8	5580	0.57
1.9	5290	0.54
2.0	5020	0.51

## 9. ESTRUCTURA DE CIMENTACION

En virtud de las características de los suelos encontrados en el sitio de estudio y del tipo de estructuras que se requiere construir (Torre de energía), se recomienda la construcción zapatas o de una losa de cimentación con el propósito de evitar asentamientos diferenciales. Nivel de desplante mínimo 2.0 metros del nivel de terreno actual.

Se debe colocar 0.30 metros de concreto ciclópeo 40/60, sobre el fondo de la excavación, que sirve como nivelación de la superficie de cimentación y para evitar problemas de remoldeo.

Las características definitivas de la estructura de cimentación se deben definir en el diseño estructural, según los requerimientos necesarios, siguiendo los criterios de la norma colombiana de diseño de construcciones sismo-resistente NSR-10, NTC nacionales y las normas internacionales AISC-LRFD, ACI318, ASTM.

## 10. PARAMETROS SISMICOS PARA LA OBTENCION DEL ESPECTRO DE DISEÑO

El tipo de perfil puede clasificarse como (D), de acuerdo con las especificaciones de NSR-10 de tal manera que para tener en cuenta los efectos locales ante el probable sismo se usaran los siguientes coeficientes para obtener el espectro de diseño.



PARAMETROS	VALOR
Perfil del suelo	D
Aceleración Horizontal pico efectiva, Aa	0,05
Velocidad Horizontal pico efectiva, Av	0,05
Coefficiente de sitio Fa	1,6
Coefficiente de sitio Fv	2,4
Zona de amenaza sísmica	BAJA

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se encontró nivel freático en todos los puntos analizados a una profundidad de 10.3m, pero se aclara que esta condición es específica para la fecha en la que se llevó a cabo este estudio, y por lo tanto, podría eventualmente presentarse en cualquier época del año de manera altamente superficial.
- Los resultados de laboratorio arrojan la presencia de material arcilloso de baja plasticidad consolidado hasta una profundidad de 15.0m.
- La capacidad portante para el diseño de la cimentación de la torre de electricidad se presenta en el capítulo 8 Carga Admisible. Aunque se trabajó con un factor de seguridad de 3.0, se recomienda al diseñador contemplar un factor de la seguridad adicional para sus respectivos cálculos.
- La profundidad de desplante para la cimentación de la torre debe realizarse a 2.0m por debajo del nivel del terreno natural, sobre el cual debe instalarse concreto ciclópeo 2500 psi 40/60 (hmin: 0.30m) para evitar procesos de remoldeo al igual que como superficie de nivelación.
- En el análisis del material de los sondeos el potencial de expansión corresponde a la categoría alta  $IP < 25$ , presentando un potencial de hinchamiento bajo.

LL (%)	IP (%)	Clasificación del hinchamiento potencial
> 60	> 35	Alto
50 - 60	25 - 35	Marginal
50 <	< 25	Bajo

Límites de consistencia VS Potencial de expansión. Fuente: INVIAS

- Aunque la capacidad de soporte del suelo es buena en comparación con las cargas de diseño de la torre se recomienda la construcción de una losa de cimentación continua, con un mismo espesor, de sección constante, con un



espesor mínimo 0.30m, con una parrilla inferior y superior que evite la contra presión del terreno y la posible producción de flechas desiguales. Sin embargo esta recomendación queda a criterio del diseñador.

- El criterio de selección de la cimentación para la torre debe complementarse con la determinación del PH, resistividad, cantidad de sulfatos y cloruros en el suelo de estudio.
- Disponer de un equipo de bombeo para evacuación de aguas lluvias. No usar más de dos equipos de bombeo, para evitar problemas de flujo de agua rápido a través de la excavación. Los bombeos deben realizarse bajo inspección permanente para evitar que se produzcan arrastre de finos que ocasionen cárcavas o derrumbes dentro de las excavaciones, y asentamiento en la masa de suelo adyacente al bombeo por efecto de la consolidación de las masas de suelo.
- Los tiempos de excavación, fundida y relleno deben ser lo menores posibles y disponer de las herramientas y equipos necesarios para tal labor.
- Las anotaciones contenidas en el presente informe se basan en los datos obtenidos del plan exploratorio realizado y en los registros de perforación obtenidos del trabajo de campo. En cualquier caso se ha de comprobar o verificar mientras dure la fase de excavación de la cimentación que el terreno que aparece se corresponde con el escrito en el informe.
- Es responsabilidad del ingeniero encargado de la construcción de la obra, la identificación del tipo de terreno durante la ejecución de las actividades, en caso de presentarse discrepancia con los resultados de este informe, se deben comunicar al laboratorio para tomar las medidas necesarias.

# Contrato N° 056 de 2020

---

ANEXO 13C

CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURA DE  
SOPORTE PANELES - SSFVI

**CONTRATANTE: INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN  
DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA  
ZONAS NO INTERCONECTADAS (IPSE)**

**CONTRATISTA: DICOMO S.A.S**

REGIÓN AMAZONÍA | 2020



## 1. Contenido

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO .....	4
3. NORMATIVIDAD:.....	4
4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL .....	4
5. ESTUDIO GEOTECNICO: .....	4
6. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA TIPO 1 (2 PANELES ) .....	7
6.1    CALCULO DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA.....	7
6.2    PRE-DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL.....	8
6.3    EVALUACION DE LAS SOLICITACIONES DEFINITIVAS.....	8
6.4    CALCULO DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA.....	9
6.4.1    CARGA MUERTA. Paneles solares: 12.5 Kg/m2.....	9
6.4.2    CARGA VIVA.....	9
6.4.3    CARGA VIENTO .....	10
6.4.4    CARGA GRANIZO .....	10
6.5    OBTENCION DEL NIVEL DE AMENAZA SISMICA Y LOS VALORES Aa Y Av.....	11
6.6    MOVIMIENTOS SISMICOS DE DISEÑO.....	12
6.7    CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURACION Y DEL MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO.....	14
6.8    GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA Y PROCEDIMIENTO DE ANALISIS.	14
6.9    PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS SÍSMICO .....	16
6.10    GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA. ....	16
6.11    COEFICIENTE DE DISIPACION DE ENERGIA BASICO (R). ....	16
6.12    DETERMINACION DE LAS FUERZAS SISMICAS. ....	17
6.13    ESPECTRO DE ACELERACIONES DE DISEÑO.....	18
6.14    ANALISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA .....	20
6.15    GEOMETRÍA DE LA MODELACIÓN.....	20
6.16    COMBINACION DE LAS DIFERENTES SOLICITACIONES. ....	22
6.17    DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES. ....	22
6.18    DISEÑO DE CONEXIÓN EN LA BASE.....	26
6.19    CHEQUEO POR ESTABILIDAD Y VOLCAMIENTO.....	26
6.20    DATOS DE ENTRADA DEL MODELO ESTRUCTURAL (MODELO TIPO 1 2 PANELES)27	



7. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA TIPO 2 (3 PANELES) .....	132
7.1 PRE-DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL.....	134
7.2 CALCULO DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA.....	135
7.3 OBTENCION DEL NIVEL DE AMENAZA SISMICA Y LOS VALORES Aa Y Av. ....	137
7.4 MOVIMIENTOS SISMICOS DE DISEÑO.....	138
7.5 CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURACION Y DEL MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO.....	139
7.6 GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA Y PROCEDIMIENTO DE ANALISIS. 139	
7.7 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS SÍSMICO .....	139
7.8 GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA. ....	140
7.9 COEFICIENTE DE DISIPACION DE ENERGIA BASICO (R). ....	140
7.10 DETERMINACION DE LAS FUERZAS SISMICAS.....	141
7.11 ESPECTRO DE ACELERACIONES DE DISEÑO.....	142
7.12 ALISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA .....	144
7.13 GEOMETRÍA DE LA MODELACIÓN.....	144
7.14 COMBINACION DE LAS DIFERENTES SOLICITACIONES. ....	146
7.15 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES. ....	146
7.16 DOSEÑO DE CONEXIÓN EN LA BASE.....	150
7.17 CHEQUEO POR ESTABILIDAD Y VOLCAMIENTO.....	150
7.18 DATOS DE ENTRADA DEL MODELO ESTRUCTURAL .....	152

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el diseño y cálculo de la estructura de soporte para paneles solares.

## 3. NORMATIVIDAD:

La normatividad aplicable al diseño:

- Norma Sismo Resistente NSR-10
- ACI 318-14
- Ley 400 de 1997
- Ley 1229 de 2008
- Decreto 019 de 2012
- Decreto 926 de 2010
- Decreto 2525 de 2010
- Decreto 092 de 2011
- Decreto 340 de 2012

## 4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Criterios de diseño: La metodología de análisis estructural a emplear en el modelo para el diseño de la estructura será la del análisis dinámico elástico espectral establecida en el Capítulo A.5 del "Reglamento Colombiano de Diseño y Construcción Sismo-Resistente" NSR-10, considerando el espectro elástico de diseño establecido en el Capítulo A.2, en conjunto con el método de la Fuerza Horizontal Equivalente, establecido en el numeral A.4 de la NSR-10.

El diseño de los elementos estructurales se hará utilizando el método de estado límite de resistencia, considerando las combinaciones de carga para estructuras de concreto contenidas en el Título B del NSR-10. Para las combinaciones de carga se considera las fuerzas sísmicas reducidas por el coeficiente de disipación sísmica de la estructura (R).

## MATERIALES USADOS:

- ACERO ASTM A-36
- ACERO 420 MPA (ACERO DE REFUERZO)

## 5. ESTUDIO GEOTECNICO:

Los suelos en la zona sur amazónica colombiana, geológicamente se caracteriza por estar conformada por diferentes tipos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que varían en edad desde el Precámbrico hasta el presente. Entre las rocas ígneas se presentan dos cinturones: uno al oriente, de edad Precámbrica, representado por los Granófiros de Tijereto; y el segundo, al occidente, representado por el Batolito de Mocoa, de edad Jura triásica. Así mismo, se presentan algunos pórfidos andesíticos y dacíticos en la Cordillera Centro- Oriental.



Las Rocas metamórficas, de edad Precámbrica, corresponden a las unidades denominadas como Escudo Guyanés y Macizo de Garzón. El primero constituido por el Complejo Migmatítico de Mitú, a su vez afectado por diferentes episodios magmáticos, volcánicos y sedimentarios, que dieron lugar a formaciones como La Pedrera, Roraima y Piraparaná, presentando sus mayores afloramientos al oriente de Araracuara, en las cuencas de los ríos Caquetá y Apaporis. El segundo, afectado por eventos magmáticos, está conformado por rocas metamórficas localizadas en la parte occidental de la región, asociadas al núcleo de las Cordilleras Oriental y Centro Oriental. Comportamientos variables, por lo tanto, se asumen algunos valores típicos más críticos para este tipo de suelos y mediante la teoría de Terzaghi se calculó el esfuerzo admisible del suelo, que se toma como 5 ton/m2, para un desplante de 100 cm.

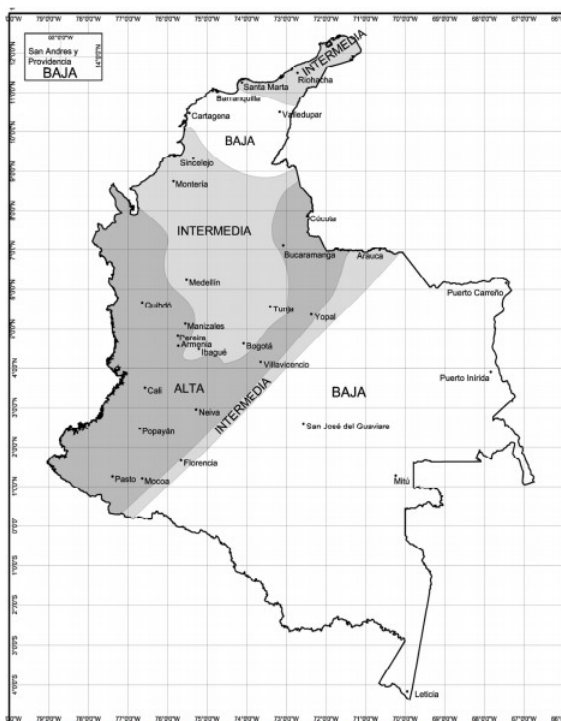


Figura 2.1.1 — Zonas de Amenaza Sísmica Antichala a edificaciones para la MSD, en función de A y S

Los departamentos de Caquetá, Putumayo, Guainía y Guaviare se encuentran en su mayoría de territorio en zona de amenaza sísmica Baja, sin embargo, se tomará zona de amenaza sísmica intermedia para prever el caso más crítico.

Zona de actividad sísmica **INTERMEDIA**: Coello

Aa= 0.20

Av=0.20

Perfil de Suelo Tipo: **E (Se toma el suelo de peor desempeño)**



Fa: 1.70

Fv: 3.20



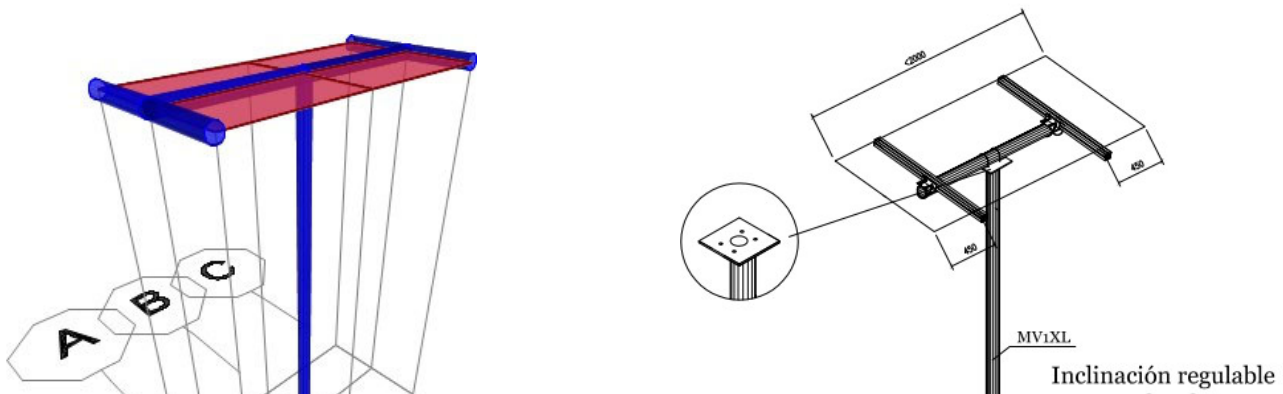


## 6. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA TIPO 1 (2 PANELES)

### 6.1 CÁLCULO DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA.

La estructura que se quiere diseñar consta de una columna en estructura metálica, perfil tubular circular de 4" y 3 mm de espesor de acero de material ACERO ASTM A36, en cuya cima se encuentran dos paneles solares, los cuales tienen un peso de 121 N/m<sup>2</sup>. El sistema tendrá una altura de 3 metros sobre el nivel del suelo. Dicha estructura estará sobre un pedestal de concreto de 1 metro de profundidad. Dicho sistema de soporte será prefabricado, sin embargo, mediante el presente estudio se hará un análisis de su diseño estructural para confirmar su buen desempeño estructural. El poste principal está soldado al marco de soporte de los paneles solares mediante soldadura. El marco de soporte superior será de perfiles tubulares de 4" y 3 mm de espesor y material ASTM A36. El poste principal se encuentra soldado a la platina base mediante soldadura, la cual tiene las dimensiones 200x200x10 mm y también será de acero ASTM A36, la cual se encuentra anclada al pedestal de concreto mediante un perno de anclaje pre instalado de 1/2 pulgada de acero ASTM A36 a una profundidad de 30 cm. La calidad de soldadura a utilizar será Electrodo ACP 611 Ss 1/8 pulgada, aproximadamente 0,5 kg por sistema de soporte.

Vista Lateral



### CARGAS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Peso propio paneles	121 N/m <sup>2</sup>				
Sobrecarga de uso	No está prevista ni para mantenimiento				
Normativa de viento	29 m/s	Periodo retorno	10 años	Altura máxima	5 m
V <sub>b,0 max</sub>	III. Áreas con recubrimiento regular de vegetación o edificios u obstáculos aislados con separación máxima de 20 veces la altura del obstáculo (por ejemplo, pueblos, terreno suburbano, bosques)				
Categoría del terreno					
Nieve	-				
Carga de Nieve	100 N/m <sup>2</sup>				



## 6.2 PRE-DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL.

La estructura debido a su disposición se decide dotar de cargas sísmicas, cargas vivas, muertas, de muros, además de su peso propio, que se llama DEAD, en el reporte de SAP2000.

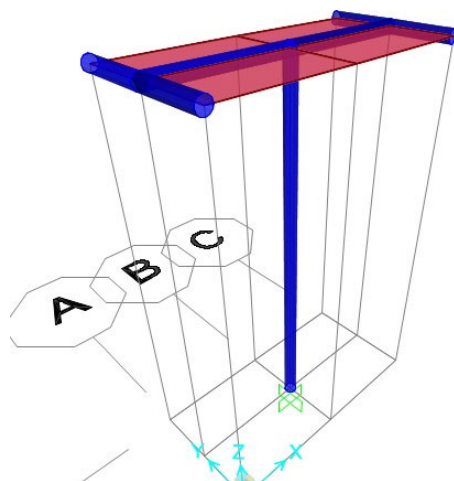
Se recibe por parte del cliente una ficha técnica que muestra los requerimientos y cargas mínimas a tener en cuenta en el diseño.

CARGAS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
Peso propio paneles	121 N/m <sup>2</sup>				
Sobrecarga de uso	No está prevista ni para mantenimiento				
Normativa de viento	29 m/s	Periodo retorno	10 años	Altura máxima	5 m
V <sub>l,0 min</sub>	III. Áreas con recubrimiento regular de vegetación o edificios u obstáculos aislados con separación máxima de 20 veces la altura del obstáculo (por ejemplo, pueblos, terreno suburbano, bosques)				
Categoría del terreno					
Nieve	-				
Carga de Nieve	100 N/m <sup>2</sup>				

## 6.3 EVALUACION DE LAS SOLICITACIONES DEFINITIVAS.

Diseño de edificaciones nuevas	Intervención de edificaciones existentes
<b>Paso 2 — Evaluación de las solicitudes definitivas</b>	
Con las dimensiones de los elementos de la estructura definidas como resultado del paso 1, se evalúan todas las solicitudes que pueden afectar la edificación de acuerdo con los requisitos del Título B del Reglamento. Estas incluyen: el efecto gravitacional de la masa de los elementos estructurales, o peso propio, las cargas de acabados y elementos no estructurales, las cargas muertas, las fuerzas de viento, las deformaciones impuestas por efectos reológicos de los materiales estructurales y asentamientos del suelo que da apoyo a la fundación. Así mismo se debe determinar la masa de la edificación y su contenido cuando así lo exige el Reglamento, la cual será empleada en la determinación de los efectos sísmicos, de acuerdo con los pasos siguientes.	Se debe realizar la etapa 4 de A.10.1.4 donde, entre otros aspectos, se debe determinar una información real análoga a la exigida para edificaciones nuevas, pero con base en la edificación existente de acuerdo con lo indicado en A.10.4.2.6.





## 6.4 CALCULO DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA.

### 6.4.1 CARGA MUERTA.

Paneles solares: 12.5

Kg/m<sup>2</sup>

### 6.4.2 CARGA VIVA.

La ficha técnica no solicita tener en cuenta carga viva, sin embargo, se tendrá en cuenta 50 kg/m<sup>2</sup>. Carga viva: 50 Kg/m<sup>2</sup> (Por criterio de diseño)

**NOTA:** Cargas como el peso propio de los elementos estructurales como los son columnas de concreto, son tenidos en cuenta automáticamente por el programa SAP2000 y se identifica con el tipo de carga Dead.

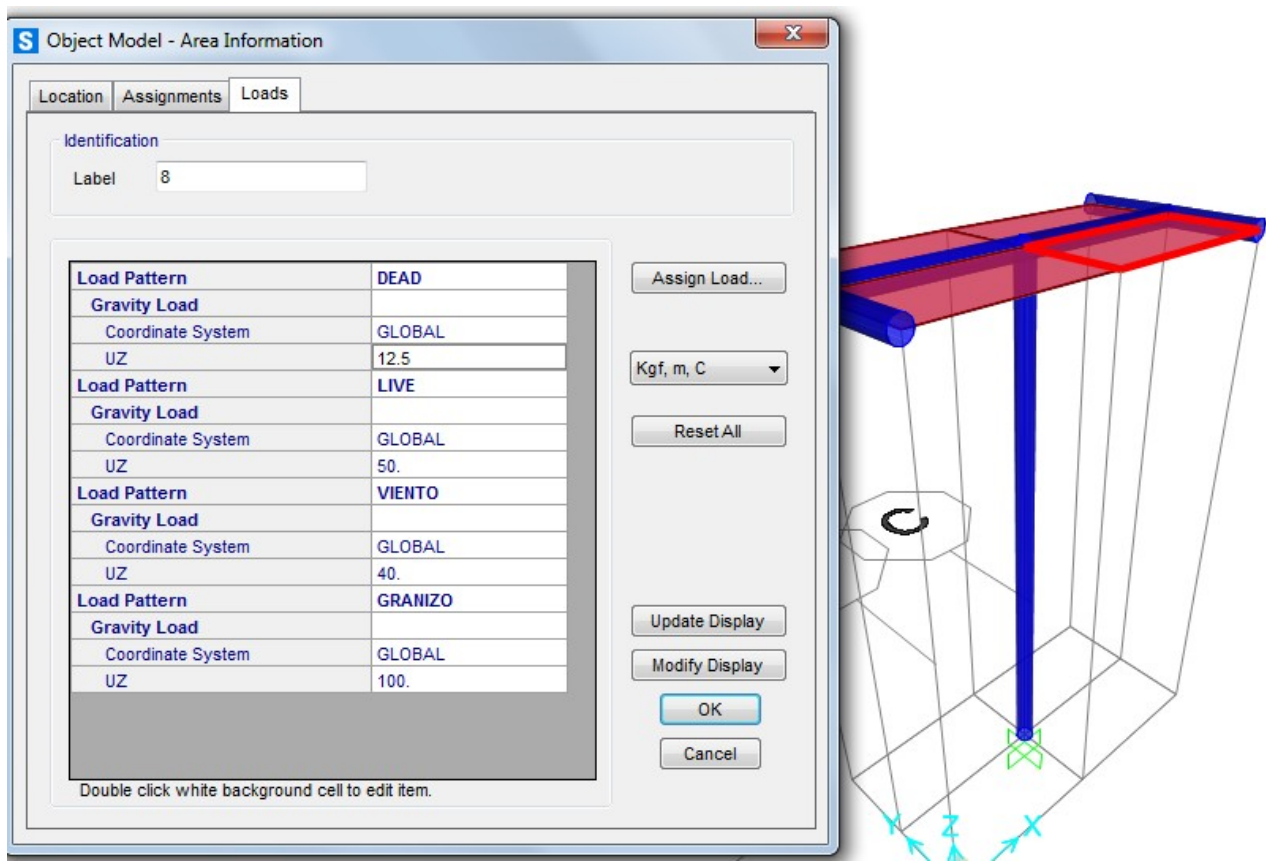


### 6.4.3 CARGA VIENTO

Carga viento: 40 Kg/m<sup>2</sup> (Carga mínima de viento exigida por la NSR-10 B.6.1.3.2).

### 6.4.4 CARGA GRANIZO

Carga Granizo: 100 Kg/m<sup>2</sup> (Exigida por la ficha técnica del producto paneles solares prefabricadas).





### 6.5 OBTENCION DEL NIVEL DE AMENAZA SISMICA Y LOS VALORES Aa Y Av.

Paso 3 — Obtención del nivel de amenaza sísmica y los valores de $A_a$ y $A_v$	
Este paso consiste en localizar el lugar donde se construirá la edificación dentro de los mapas de zonificación sísmica dados en el Capítulo A.2 del Reglamento y en determinar el nivel de amenaza sísmica del lugar, de acuerdo con los valores de los parámetros $A_a$ y $A_v$ obtenidos en los mapas de zonificación sísmica del Capítulo A.2. El nivel de amenaza sísmica se clasificará como alta, intermedia o baja. En el Apéndice A-4 se presenta una enumeración de los municipios colombianos, con su definición de la zona de amenaza sísmica, y los valores de los parámetros $A_a$ y $A_v$ , entre otros.	Dentro del alcance de la etapa 4 de A.10.4.1, para las edificaciones existentes los movimientos sísmicos de diseño se determinan de igual forma que para edificaciones nuevas, con la excepción de las edificaciones a las cuales el Reglamento les permite acogerse al uso de movimientos sísmicos para el nivel de seguridad limitada para rehabilitación sísmica. Para el uso de movimientos sísmicos para el nivel de seguridad limitada debe consultarse A.10.9.2.5, el cual solo aplica a edificaciones declaradas como patrimonio histórico y bajo las condiciones impuestas allí. En este caso se permite el uso de $A_c$ , en vez de los valores de $A_a$ y $A_v$ tal como se indica en A.10.3.

### CARACTERIZACIÓN SÍSMICA.

Esta estructura está ubicada en los departamentos de Caquetá, Guainía, Guaviare, y Putumayo, que corresponde a una zona de amenaza sísmica intermedia, para lo cual con esta ubicación geográfica y el estudio de suelos se determinará cuál es la aceleración pico efectiva según la NSR-10.

Perfil de suelo: Suelo **Tipo**

**E.**



Para este nivel de amenaza y la ubicación de la edificación tenemos que  $A_a$  y  $A_v$  son 0.20 y 0.20 respectivamente.





### 6.6 MOVIMIENTOS SISMICOS DE DISEÑO.

<b>Paso 4 — Movimientos sísmicos de diseño</b>	
<p>Deben definirse unos movimientos sísmicos de diseño en el lugar de la edificación, de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.2 del Reglamento y, en el caso de Edificaciones cubiertas por A.1.2.3.3, con los requisitos del Capítulo A.12 del Reglamento, tomando en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) La amenaza sísmica para el lugar determinada en el paso 3, expresada a través de los parámetros <math>A_a</math> y <math>A_v</math>, o <math>A_d</math>, según sea el caso, los cuales representan la aceleración horizontal pico efectiva y la velocidad horizontal pico efectiva expresada en términos de aceleración del sismo de diseño,</li> <li>(b) Las características de la estratificación del suelo subyacente en el lugar a través de unos coeficientes de sitio <math>F_a</math> y <math>F_v</math>, y</li> <li>(c) La importancia de la edificación para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo a través de un coeficiente de importancia <math>I</math>.</li> </ul> <p>Las características de los movimientos sísmicos de diseño se expresan por medio de un espectro elástico de diseño. El Reglamento contempla descripciones alternativas del sismo de diseño, ya sea a través de familias de acelerogramas, o bien por medio de expresiones derivadas de estudios de microzonificación sísmica, las cuales deben determinarse siguiendo los requisitos dados en el Capítulo A.2.</p>	<p>Se deben seguir el mismo procedimiento que para edificaciones nuevas. Para el caso de edificaciones declaradas como patrimonio histórico y bajo las condiciones que lo permite A.10.9.2.5 se pueden utilizar los movimientos sísmicos para el nivel de seguridad limitada definido en A.10.3.</p>

El perfil de suelo supuesto se clasificó c o m o perfil de suelo tipo E.

**Tabla A.2.4-3**  
Valores del coeficiente  $F_a$ , para la zona de periodos cortos del espectro

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

**Nota:** Para el perfil tipo F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

**Tabla A.2.4-4**  
Valores del coeficiente  $F_v$ , para la zona de periodos intermedios del espectro

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

**Nota:** Para el perfil tipo F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

De las tablas anteriores tenemos que

**Fa=1.70**



El futuro  
es de todos

Minenergía

**IPSE**

Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
Zonas No Interconectadas

**Fv=3.20**



@IPSEnergiaZNI



@IPSEnergiaZNI



@IPSEnergiaZNI



El factor de importancia se determina mediante la siguiente tabla.

Tabla A.2.5-1  
Valores del coeficiente de importancia, I

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

Según lo expuesto en el título A. 2, estructuras de uso residencial hacen parte del Grupo de uso I; por lo que su factor de importancia es 1.00.

## 6.7 CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURACION Y DEL MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO.

Diseño de edificaciones nuevas	Intervención de edificaciones existentes
<b>Paso 5 — Características de la estructuración y del material estructural empleado</b>	
El sistema estructural de resistencia sísmica de la edificación debe clasificarse dentro de uno de los sistemas estructurales prescritos en el Capítulo A.3: sistema de muros de carga, sistema combinado, sistema de pórtico, o sistema dual. El Reglamento define limitaciones en el empleo de los sistemas estructurales de resistencia sísmica en función de la zona de amenaza sísmica donde se encuentre localizada la edificación, del tipo de material estructural empleado (concreto estructural, estructura metálica, mampostería estructural, o madera), de la forma misma como se disponga el material en los elementos estructurales según esté en posibilidad de responder adecuadamente ante movimientos sísmicos como los esperados por medio de su capacidad de disipación de energía, la cual puede ser especial (DES), moderada (DMO) o mínima (DMI); de la altura de la edificación, y de su grado de irregularidad.	Dentro del alcance de la etapa 4 de A.10.4.1, para las edificaciones existentes se debe determinar, de acuerdo con las características del sistema estructural empleado originalmente en su construcción, una correspondencia con los sistemas estructurales que se permiten para edificaciones nuevas de acuerdo con lo prescrito en A.10.4.2.

El coeficiente de disipación de energía para los sistemas de pórticos resistentes a momentos se puede definir según la siguiente tabla, y dado que la edificación será construida en una zona de amenaza sísmica intermedia, se tiene un factor de disipación de energía **Ro=1.5**.

f. De acero con perfiles de lámina doblada en frío y perfiles tubulares estructurales PTE que no cumplen los requisitos de F.2.2.4 para perfiles no esbeltos (nota 6)	el mismo	1.5	1.5	no se permite (nota 5)	no se permite (nota 5)	si	Sin límite
---	----------	-----	-----	------------------------	------------------------	----	------------

## 6.8 GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA Y



## PROCEDIMIENTO DE ANALISIS.

<b>Paso 6 — Grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis</b>	
Definición del procedimiento de análisis sísmico de la estructura de acuerdo con la regularidad o irregularidad de la configuración de la edificación, tanto en planta como en alzado, su grado de redundancia o de ausencia de ella en el sistema estructural de resistencia sísmica, su altura, las características del suelo en el lugar, y el nivel de amenaza sísmica, siguiendo los preceptos dados en el Capítulo A.3 de este Reglamento.	Se aplican los mismos principios que para edificaciones nuevas.





## 6.9 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS SÍSMICO

Para esta edificación se usa el método de análisis dinámico elástico espectral siguiendo el procedimiento que se muestra a continuación.

### A.5.4 — ANÁLISIS DINÁMICO ELÁSTICO ESPECTRAL

**A.5.4.1 — METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS** — Deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos, cuando se utilice el método de análisis dinámico elástico espectral:

- (a) **Obtención de los modos de vibración** — Los modos de vibración deben obtenerse utilizando metodologías establecidas de dinámica estructural. Deben utilizarse todos los modos de vibración de la estructura que contribuyan de una manera significativa a la respuesta dinámica de la misma, cumpliendo los requisitos de A.5.4.2.
- (b) **Respuesta espectral modal** — La respuesta máxima de cada modo se obtiene utilizando las ordenadas del espectro de diseño definido en A.5.3.2, para el período de vibración propio del modo.
- (c) **Respuesta total** — Las respuestas máximas modales, incluyendo las de deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos, se combinan de una manera estadística para obtener la respuesta total de la estructura a los movimientos sísmicos de diseño. Deben cumplirse los requisitos de A.5.4.4 en la combinación estadística de las respuestas modales máximas.
- (d) **Ajuste de los resultados** — Si los resultados de la respuesta total son menores que los valores mínimos prescritos en A.5.4.5, los resultados totales del análisis dinámico deben ser ajustados como se indica allí. El ajuste debe cubrir todos los resultados del análisis dinámico, incluyendo las deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos.
- (e) **Evaluación de las derivas** — Se debe verificar que las derivas totales obtenidas, debidamente ajustadas de acuerdo con los requisitos de A.5.4.5, no excedan los límites establecidos en el Capítulo A.6.
- (f) **Fuerzas de diseño en los elementos** — Las fuerzas sísmicas internas totales de los elementos,  $F_x$ , debidamente ajustadas de acuerdo con los requisitos de A.5.4.5, se dividen por el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía,  $R$ , del sistema de resistencia sísmica, modificado de acuerdo con la irregularidad y la ausencia de redundancia según los requisitos de A.3.3.3, para obtener las fuerzas sísmicas reducidas de diseño,  $E$ , y se combinan con las otras cargas prescritas por este Reglamento, de acuerdo con el Título B.
- (g) **Diseño de los elementos estructurales** — Los elementos estructurales se diseñan y detallan siguiendo los requisitos propios del grado de capacidad de disipación de energía correspondiente del material, de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.3.

Este método tiene la ventaja de tener en cuenta todos los modos de vibración de la estructura, siendo más preciso en sus resultados y diferenciando las cortantes basales para cada dirección de la estructura, según su disposición geométrica y de masas.

## 6.10 GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA.

No se tendrá en cuenta irregularidades, debido a que es una estructura especial.

## 6.11 COEFICIENTE DE DISIPACION DE ENERGIA BASICO (R).

El coeficiente de disipación de energía para los sistemas de pórticos resistentes a





momentos se puede definir según la siguiente tabla, y dado que la edificación será construida en una zona de amenaza sísmica intermedia, se tiene un factor de disipación de energía  **$R_o=1.5$** .

f. De acero con perfiles de lámina doblada en frío y perfiles tubulares estructurales PTE que no cumplen los requisitos de F.2.2.4 para perfiles no esbeltos (nota 6)	el mismo	1.5	1.5	no se permite (nota 5)	no se permite (nota 5)	si	Sin límite
---	----------	-----	-----	------------------------	------------------------	----	------------

Por lo que la fuerza sísmica en las combinaciones de carga se debe

tomar como sigue:  $E=(1/R) * (1*S_x \text{ y } 0.3*S_y)$

## 6.12 DETERMINACION DE LAS FUERZAS SISMICAS.

<i>Paso 7 — Determinación de las fuerzas sísmicas</i>	
Obtención de las fuerzas sísmicas, $F_s$ , que deben aplicarse a la estructura para lo cual deben usarse los movimientos sísmicos de diseño definidos en el paso 4.	Dentro del alcance de la etapa 4 de A.10.4.1, para las edificaciones existentes se determinan unas solicitaciones equivalentes a las de edificaciones nuevas, pero ajustadas a las propiedades de la estructura existente. Véase A.10.4.2.

Ahora la fuerza sísmica que se pide en este caso se debe hacer mediante el espectro de diseño para cada modo como se muestra continuación:

<b>ANALISIS SISMICO NSR-10- ESPECTRO DE ELASTICO DE ACCELERACIONES DE DISEÑO</b>	
<b>CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGIA MINIMA REQUERIDA</b>	D M O
<b>Uso de la Estructura = I</b>	1.0
<b>Perfil del Suelo S =</b>	E
<b>Coefficiente de amplificación del suelo para periodos cortos (Fa):</b>	1.7 0
<b>Coefficiente de amplificación del suelo para periodos intermedios (Fv):</b>	3.2 0





<b>Aceleración pico esperada <math>A_a =</math></b>	0.2 0
<b>Velocidad horizontal pico efectiva (<math>A_v</math>):</b>	0.2 0

### 6.13 ESPECTRO DE ACELERACIONES DE DISEÑO

Colombia NSR-10 Function Definition

Function Name: NSR-10 Z. Amazonia

Function Damping Ratio: 0.05

**Parameters**

- Effective Peak Acceleration,  $A_a$ : 0.2
- Effective Peak Velocity,  $A_v$ : 0.2
- Reduced Effective Peak Acceleration,  $A_e$ : 0.13
- Eff. Peak Accel. for Damage Threshold,  $A_d$ : 0.07
- Group of Use: Group 1
- Amplification Factor for Acceleration,  $F_a$ : 1.7
- Amplification Factor for Velocity,  $F_v$ : 3.2

**Define Function**

Period	Acceleration
0.	0.85
0.1	0.85
0.2	0.85
0.3	0.85
0.4	0.85
0.5	0.85
0.6	0.85
0.7	0.85
0.8	0.85
0.9	0.85
1.	0.768
1.2	0.64
1.5	0.512

Convert to User Defined

**Function Graph**

En el presente espectro se usa el 5% del amortiguamiento, como lo exige la NSR-10 en A.2.6.1



## A.2.6 — ESPECTRO DE DISEÑO

**A.2.6.1 — Espectro de aceleraciones** — La forma del espectro elástico de aceleraciones,  $S_a$  expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente de cinco por ciento (5%) del amortiguamiento crítico, que se debe utilizar en el diseño, se da en la figura A.2.6-1 y se define por medio de la ecuación A.2.6-1, con las limitaciones dadas en A.2.6.1.1 a A.2.6.1.3.





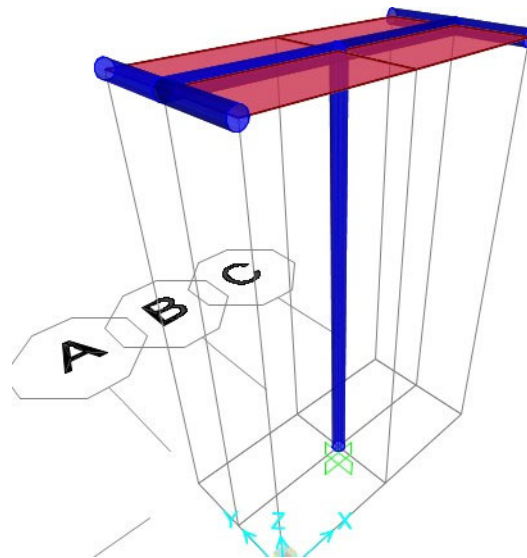
### 6.14 ANALISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA

<b>Paso 8 — Análisis sísmico de la estructura</b>	
El análisis sísmico de la estructura se lleva a cabo aplicando los movimientos sísmicos de diseño prescritos, a un modelo matemático apropiado de la estructura, tal como se define en el Capítulo A.3. Este análisis se realiza para los movimientos sísmicos de diseño sin ser divididos por el coeficiente de capacidad de disipación de energía, $R$ , y debe hacerse por el método que se haya definido en el paso 6. Deben determinarse los desplazamientos máximos que imponen los movimientos sísmicos de diseño a la estructura y las fuerzas internas que se derivan de ellos.	Se debe cumplir lo indicado en la etapa 5 de A.10.1.4.

Ahora tenemos toda la información necesaria para realizar el análisis estructural y hallar las derivas de la estructura además de los esfuerzos de diseño en la estructura.

Este análisis se realizará mediante el programa SAP2000 y lo ejecutaremos siguiendo los pasos mostrados a continuación.

### 6.15 GEOMETRÍA DE LA MODELACIÓN.



**Vista Tridimensional**

Se asignan las propiedades calculadas anteriormente a la modelación realizada para seguir con la verificación de las derivas y diseño de la estructural.





## 6.16 COMBINACION DE LAS DIFERENTES SOLICITACIONES.

Paso 11 — Combinación de las diferentes solicitaciones	
<p>Las diferentes solicitaciones que deben ser tenidas en cuenta, se combinan para obtener las fuerzas internas de diseño de la estructura, de acuerdo con los requisitos del Capítulo B.2 del Reglamento, por el método de diseño propio de cada material estructural. En cada una de las combinaciones de carga requeridas, las solicitaciones se multiplican por el coeficiente de carga prescrito para esa combinación en el Capítulo B.2 del Reglamento. En los efectos causados por el sismo de diseño se tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, lo cual se logra empleando unos efectos sísmicos reducidos de diseño, <math>E</math>, obtenidos dividiendo las fuerzas sísmicas <math>F_s</math>, determinadas en el paso 7, por el coeficiente de capacidad de disipación de energía <math>R</math> (<math>E = F_s/R</math>). El coeficiente de capacidad de disipación de energía, <math>R</math>, es función de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) El sistema de resistencia sísmica de acuerdo con la clasificación dada en el Capítulo A.3,</li> <li>(b) Del grado de irregularidad de la edificación,</li> <li>(c) Del grado de redundancia o de ausencia de ella en el sistema estructural de resistencia sísmica, y</li> <li>(d) De los requisitos de diseño y detallado de cada material, para el grado de capacidad de disipación de energía correspondiente (<i>DMI</i>, <i>DMO</i>, o <i>DES</i>), tal como se especifica en el Capítulo A.3.</li> </ul>	<p>Se debe cumplir lo indicado en las etapas 6 a 8 de A.10.1.4.</p>

Ahora procedemos a asignar las combinaciones de carga especificadas por la norma NSR-10, para el método de resistencia.

**B.2.4.2 — COMBINACIONES BÁSICAS** — El diseño de las estructuras, sus componentes y cimentaciones debe hacerse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas en las siguientes combinaciones:

$1.4(D+F)$	(B.2.4-1)
$1.2(D+F+T)+1.6(L+H)+0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-2)
$1.2D+1.6(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)+(L \text{ ó } 0.8W)$	(B.2.4-3)
$1.2D+1.6W+1.0L+0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-4)
$1.2D+1.0E+1.0L$	(B.2.4-5)
$0.9D+1.6W+1.6H$	(B.2.4-6)
$0.9D+1.0E+1.6H$	(B.2.4-7)

**B.2.4.2.1** — Las fuerzas sísmicas reducidas de diseño,  $E$ , utilizadas en las combinaciones B.2.4-5 y B.2.4-7 corresponden al efecto, expresado en términos de fuerza,  $F_s$ , de los movimientos sísmicos de diseño prescritos en el Título A, divididos por  $R$  ( $E = F_s/R$ ). Cuando se trata de diseñar los miembros, el valor del

Ahora es posible presentar los esfuerzos existentes en la estructura por estas combinaciones de diseño.

## 6.17 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Las cargas utilizadas para el diseño fueron las de FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE, ya que





fueron las que mayor carga dieron sobre los elementos.

<b>Paso 12 — Diseño de los elementos estructurales</b>	
Se lleva a cabo de acuerdo con los requisitos propios del sistema de resistencia sísmica y del material estructural utilizado. Los elementos estructurales deben diseñarse y detallarse de acuerdo con los requisitos propios del grado de capacidad de disipación de energía mínimo ( <i>DM</i> ) moderado ( <i>DMO</i> ), o especial ( <i>DES</i> ) prescrito en el Capítulo A.3, según les corresponda, lo cual le permitirá a la estructura responder, ante la ocurrencia de un sismo, en el rango inelástico de respuesta y cumplir con los objetivos de las normas sísmo resistentes. El diseño de los elementos estructurales debe realizarse para los valores más desfavorables obtenidos de las combinaciones obtenidas en el paso 11, tal como prescribe el Título B de este Reglamento.	Se debe cumplir lo indicado en las etapas 8, 11 y 12 de A.10.1.4 donde se indica como interpretar la resistencia efectiva de la edificación a la luz de las solicitaciones equivalentes y como se define la resistencia a proveer para reducir la vulnerabilidad de la edificación, cuando es vulnerable, para diseñar la intervención de la edificación.





Mediante el programa de Diseño SAP 2000 y las cargas actuantes aplicadas, se realiza el diseño a flexo compresión de los perfiles metálicos, donde se puede verificar que el coeficiente de sobre resistencia es menor a 1, lo que quiere decir que la sección es suficiente para soportar las cargas actuantes.

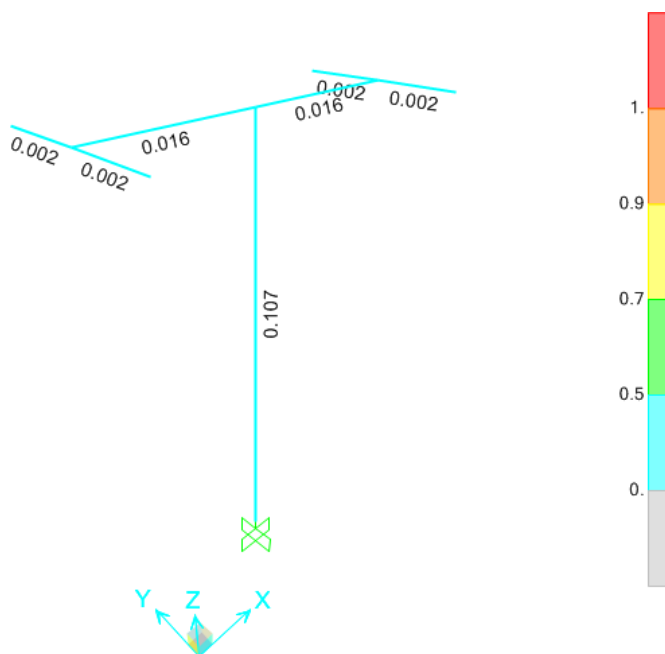


TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16					
Frame	Design Sect	Ratio	RatioType	Combo	Location
Text	Text	Unitless	Text	Text	m
1	PTC 4"x3mm	0.106675	PMM	DSTL5	0
2	PTC 4"x3mm	0.016385	PMM	DSTL1	0
3	PTC 4"x3mm	0.001689	PMM	DSTL5	0
4	PTC 4"x3mm	0.001689	PMM	DSTL5	0
5	PTC 4"x3mm	0.016385	PMM	DSTL1	0
6	PTC	0.001	PMM	DSTL	0





	4"x3mm	689		5	
7	PTC 4"x3mm	0.001 689	PMM	DSTL 5	0.5

DISEÑO DE PEDESTAL	
<b>B (cm)=</b>	<b>30</b>
<b>C(cm) =</b>	<b>30</b>
<b>Cuantia Minima de acero según NSR-10 C.15.8.2.1</b>	<b>0.005</b>
<b>Area de acero (cm2)=</b>	<b>4.5</b>
<b>Area #4 (cm2)=</b>	<b>1.27</b>
<b>Cantidad de barras #4=</b>	<b>4</b>

## 6.18 DISEÑO DE CONEXIÓN EN LA BASE

ORTE EN LOS TORNILLOS DE LA CONEXIÓN EN LA BASE 2 PANELES			
ASTM-A36			
250	Mpa		
Carga última (Viento + sismo)	$P_u =$		0.77 kN
Factor de resistencia para el estado límite de rotura por corte en los tornillos	$\phi =$		0.75
$P_n = F_{nv} A_v$	Resistencia de diseño	$\phi P_n$	
	$d_b =$		12.7 mm
	$A_b =$		126.7 mm <sup>2</sup>
	$n_b =$		4
	$n_{\text{planos de corte}} =$		1
	$A_v =$		126.7
	$(\phi_t P_n)_b =$		23.8 kN 5.3 kips
	$\phi_t P_{n(kn)} =$		95 <b>Cumple</b>

La carga  $P_u$  se calcula como la carga lateral proveniente de carga de viento y la mayor carga de sismo entre  $E_x$  y  $E_y$ . En este caso, la carga de viento lateral es 0.44 kN y la mayor carga de sismo es  $E_y$  que es de 0.33 kN, por lo tanto la suma de :  $0.44 + 0.33 = \underline{\underline{0.77 \text{ kN}}}$ .

**S** Joint Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Joint Reactions

Filter:

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN
	1	DEAD	LinStatic		0	0	0.497
▶	1	VIENTO	LinStatic		-0.44	2.639E-16	-0.014
	1	EX	LinRespSpec	Max	0.295	1.904E-15	3.287E-14
	1	EY	LinRespSpec	Max	1.683E-15	0.331	9.812E-16

## 6.19 CHEQUEO POR ESTABILIDAD Y VOLCAMIENTO

Del análisis estructural realizado se sacan las cargas de viento, sismo, y el peso de la estructura para realizar el análisis de estabilidad y volcamiento. El factor de seguridad de volcamiento debe ser mayor a 2 en el caso de sismo.

Dimensiones de la zapata		Dimensiones del pedestal	
Ancho	0.5 m	Ancho	0.3 m
Alto	0.5 m	Alto	0.3 m
Profund	0.3 m	Profun	0.8 m
Peso Concreto	24 KN/m <sup>3</sup>		
Cargas verticales		Suposiciones suelo	
Peso propio de la zapata	1.8 KN	Peso unitario seco	18 KN/m <sup>3</sup>
Pesp propio del pedestal	1.728 KN	Peso unitario sat	20 KN/m <sup>3</sup>
Peso suelo	1.44 KN		
Peso estructura	0.497 KN		
<b>Total (P)</b>	<b>5.465 KN</b>		
Cargas Horizontales			
F viento	0.44 KN		
F sismo	0.331 KN		
<b>Momento (M)</b>	<b>1.32 KN-m</b>		
Exentricidad	0.242 m	<b>La exentricidad surge de M/P</b>	
Verificar Volcamiento			
Momento actuante	1.32 Kn-m		
Momento resistente	2.68625 Kn-m		
FS	2.04 ok	<b>* Se cumple Factor de Seguridad volcamiento Para sismo mayor a 2</b>	

Joint Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN
1	DEAD	LinStatic		0	0	0.497
1	VIENTO	LinStatic		-0.44	2.639E-16	-0.014
1	EX	LinRespSpec	Max	0.295	1.904E-15	3.287E-14
1	EY	LinRespSpec	Max	1.683E-15	0.331	9.812E-16

Joint Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN
1	DEAD	LinStatic		0	0	0.497
1	VIENTO	LinStatic		-0.44	2.639E-16	-0.014
1	EX	LinRespSpec	Max	0.295	1.904E-15	3.287E-14
1	EY	LinRespSpec	Max	1.683E-15	0.331	9.812E-16

## 6.20 DATOS DE ENTRADA DEL MODELO ESTRUCTURAL (MODELO TIPO 1 2

## PANELES)

A continuación, se presentan los resultados del modelo de simulación de las características de la estructura para soportar los paneles solares. Resultados obtenidos tras la utilización del programa SAP 2000.



## SAP2000 Analysis Report

**Model Name: V.2.sdb**

12 agosto 2021





## Contents

<a href="#">1. Model geometry</a>	157
<a href="#">1.1. Joint coordinates</a>	158
<a href="#">1.2. Joint restraints</a>	159
<a href="#">1.3. Element connectivity</a>	160
<a href="#">2. Material properties</a>	162
<a href="#">3. Section properties</a>	164
<a href="#">3.1. Frames</a>	165
<a href="#">3.2. Areas</a>	167
<a href="#">3.3. Solids</a>	169
<a href="#">4. Load patterns</a>	169
<a href="#">4.1. Definitions</a>	169
<a href="#">4.2. Auto wind loading</a>	170
<a href="#">5. Load cases</a>	170
<a href="#">5.1. Definitions</a>	170
<a href="#">5.2. Static case load assignments</a>	173
<a href="#">5.3. Response spectrum case load assignments</a>	173
<a href="#">6. Load combinations</a>	178
<a href="#">7. Structure results</a>	186
<a href="#">7.1. Mass summary</a>	186
<a href="#">7.2. Modal results</a>	188
<a href="#">7.3. Base reactions</a>	191
<a href="#">8. Joint results</a>	195
<a href="#">9. Frame results</a>	226
<a href="#">10. Area results</a>	282
<a href="#">11. Material take-off</a>	376
<a href="#">12. Design preferences</a>	377
<a href="#">12.1. Steel design</a>	377
<a href="#">12.2. Concrete design</a>	378
<a href="#">12.3. Aluminum design</a>	378
<a href="#">12.4. Cold formed design</a>	379
<a href="#">13. Design overwrites</a>	380
<a href="#">13.1. Steel design</a>	380
<a href="#">14. Design summary</a>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<a href="#">14.1. Steel design</a>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## List of Figures

<a href="#">Figure 1: Finite element model</a>	157
<a href="#">Figure 2: Deformed shape</a>	186

## List of Tables

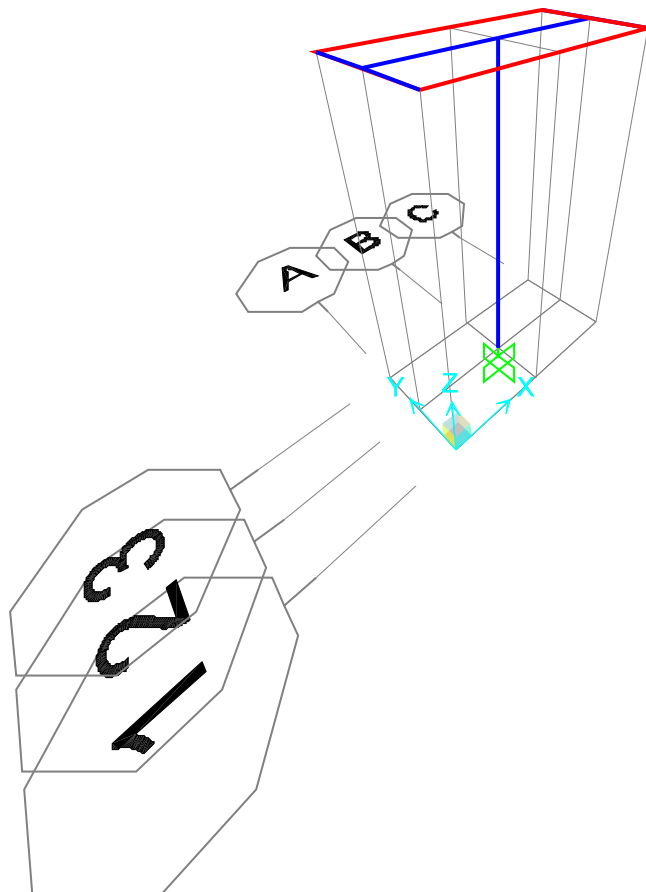
<a href="#">Table 1: Joint Coordinates</a>	34
<a href="#">Table 2: Joint Restraint Assignments</a>	159
<a href="#">Table 3: Connectivity - Frame</a>	35
<a href="#">Table 4: Frame Section Assignments</a>	161
<a href="#">Table 5: Connectivity - Area</a>	36
<a href="#">Table 6: Area Section Assignments</a>	162
<a href="#">Table 7: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties</a>	163
<a href="#">Table 8: Material Properties 03a - Steel Data</a>	37
<a href="#">Table 9: Material Properties 03b - Concrete Data</a>	37
<a href="#">Table 10: Material Properties 03f - Tendon Data</a>	164
<a href="#">Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 4</a>	38
<a href="#">Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 4</a>	38
<a href="#">Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 4</a>	38
<a href="#">Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 4</a>	38
<a href="#">Table 12: Frame Property Modifiers, Part 1 of 2</a>	166
<a href="#">Table 12: Frame Property Modifiers, Part 2 of 2</a>	167
<a href="#">Table 13: Area Section Properties, Part 1 of 3</a>	40
<a href="#">Table 13: Area Section Properties, Part 2 of 3</a>	40
<a href="#">Table 13: Area Section Properties, Part 3 of 3</a>	40
<a href="#">Table 14: Solid Property Definitions</a>	40
<a href="#">Table 15: Load Pattern Definitions</a>	169
<a href="#">Table 16: Auto Wind - API 4F 2013</a>	170
<a href="#">Table 17: Load Case Definitions, Part 1 of 2</a>	42
<a href="#">Table 17: Load Case Definitions, Part 2 of 2</a>	42
<a href="#">Table 18: Case - Static 1 - Load Assignments</a>	173
<a href="#">Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 1 of 2</a>	173
<a href="#">Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 2 of 2</a>	174
<a href="#">Table 20: Case - Response Spectrum 2 - Load Assignments</a>	174
<a href="#">Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 1 of 2</a>	174
<a href="#">Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 2 of 2</a>	176
<a href="#">Table 22: Function - Response Spectrum - User</a>	48
<a href="#">Table 23: Combination Definitions</a>	49
<a href="#">Table 24: Assembled Joint Masses, Part 1 of 2</a>	186
<a href="#">Table 24: Assembled Joint Masses, Part 2 of 2</a>	187
<a href="#">Table 25: Modal Participating Mass Ratios</a>	53
<a href="#">Table 26: Base Reactions</a>	54
<a href="#">Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2</a>	195
<a href="#">Table 27: Joint Displacements, Part 2 of 2</a>	211
<a href="#">Table 28: Joint Reactions, Part 1 of 2</a>	223
<a href="#">Table 28: Joint Reactions, Part 2 of 2</a>	61

<a href="#">Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2</a>	226
<a href="#">Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2</a>	256
<a href="#">Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3</a>	114
<a href="#">Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3</a>	115
<a href="#">Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3</a>	117
<a href="#">Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 3</a>	118
<a href="#">Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 3</a>	120
<a href="#">Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 3</a>	121
<a href="#">Table 32: Material List 2 - By Section Property</a>	376
<a href="#">Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4</a>	377
<a href="#">Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4</a>	377
<a href="#">Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4</a>	377
<a href="#">Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4</a>	378
<a href="#">Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 1 of 2</a>	378
<a href="#">Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 2 of 2</a>	378
<a href="#">Table 35: Preferences - Aluminum Design - AA-ASD 2000</a>	125
<a href="#">Table 36: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96</a>	125
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 7</a>	380
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 7</a>	380
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 7</a>	381
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 7</a>	381
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 5 of 7</a>	382
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 6 of 7</a>	383
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 7 of 7</a>	384
<a href="#">Table 38: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 1 of 2</a>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<a href="#">Table 38: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 2 of 2</a>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>



## 1. Model geometry

This section provides model geometry information, including items such as joint coordinates, joint restraints, and element connectivity.



**Figure 1: Finite element model**



## 1.1. Joint coordinates

**Table 1: Joint Coordinates**

**Table 1: Joint Coordinates**

Joint	CoordSys	CoordT ype	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
1	GLOBAL	Cartesia n	1.	0.5	0.
2	GLOBAL	Cartesia n	1.	0.5	3.
3	GLOBAL	Cartesia n	0.	0.5	3.
4	GLOBAL	Cartesia n	0.	0.	3.
5	GLOBAL	Cartesia n	0.	1.	3.
6	GLOBAL	Cartesia n	2.	0.5	3.
7	GLOBAL	Cartesia n	2.	0.	3.
8	GLOBAL	Cartesia n	2.	1.	3.

## 1.2. Joint restraints

**Table 2: Joint Restraint Assignments**

**Table 2: Joint Restraint Assignments**

Joint	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes



### 1.3. Element connectivity

**Table 3: Connectivity - Frame**

**Table 3: Connectivity - Frame**

Frame	JointI	JointJ	Length m
1	1	2	3.
2	2	3	1.
3	3	4	0.5
4	3	5	0.5
5	2	6	1.
6	6	7	0.5
7	8	6	0.5

**Table 4: Frame Section Assignments**

**Table 4: Frame Section Assignments**

Frame	AnalSect	DesignSec t	MatProp
1	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	A36
2	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	A36
3	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	A36
4	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	A36
5	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	A36
6	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	A36
7	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	A36

**Table 5: Connectivity - Area**

**Table 5: Connectivity - Area**

Area	Joint1	Joint2	Joint3	Joint4
5	4	7	8	5

**Table 6: Area Section Assignments**

**Table 6: Area Section Assignments**

Area	Section	MatProp
5	Panel	Default

## 2. Material properties

This section provides material property information for materials used in the model.

**Table 7: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties**

**Table 7: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties**

Material	UnitWeight	UnitMass	E1	G12	U12	A1
	KN/m3	KN-s2/m4	KN/m2	KN/m2		1/C
4000Psi	2.3563E+01	2.4028E+00	248555 78.06	103564 90.86	0.2	9.9000E-06
A36	7.6973E+01	7.8490E+00	199947 978.8	769030 68.77	0.3	1.1700E-05
A416Gr270	7.6973E+01	7.8490E+00	196500 599.9			1.1700E-05

**Table 8: Material Properties 03a - Steel Data****Table 8: Material Properties 03a - Steel Data**

Material	Fy KN/m2	Fu KN/m2	FinalSlope	CoupledType
A36	248211.28	399895.96	-0.1	Von Mises

**Table 9: Material Properties 03b - Concrete Data****Table 9: Material Properties 03b - Concrete Data**

Material	Fc KN/m2	eFc KN/m2	FinalSlope	CoupledType
4000Psi	27579.03	27579.03	-0.1	Modified Darwin-Pecknold

**Table 10: Material Properties 03f - Tendon Data****Table 10: Material Properties 03f - Tendon Data**

Material	Fy KN/m2	Fu KN/m2	FinalSlope	CoupledType
A416Gr270	1689905.16	1861584.63	-0.1	Von Mises

### 3. Section properties

This section provides section property information for objects used in the model.

#### 3.1. Frames





**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 4**

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 4**

SectionName	Material	Shape	t3	tw	Area	TorsConst	I33	I22
			m	m	m2	m4	m4	m4
PTC 4"x3mm	A36	Pipe	0.1016	0.003	0.0009 29	2.261E -06	1.130E -06	1.130E -06

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 4**

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 4**

SectionName	I23	AS2	AS3
	m4	m2	m2
PTC 4"x3mm	0.	0.0004 65	0.0004 65

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 4**

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 4**

SectionName	S33	S22	Z33	Z22	R33	R22
	m3	m3	m3	m3	m	m
PTC 4"x3mm	0.0000 22	0.0000 22	0.0000 29	0.0000 29	0.0348 76	0.0348 76

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 4**

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 4**

SectionName	AMod	A2Mod	A3Mod	JMod	I2Mod	I3Mod	MMod	WMod
PTC 4"x3mm	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.



**Table 12: Frame Property Modifiers, Part 1 of 2**

**Table 12: Frame Property Modifiers, Part 1 of 2**

Frame	AMod	AS2M od	AS3M od	JMod	I22Mo d	I33Mo d	MassMo d	Weight Mod
1	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
2	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
3	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
4	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
5	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
6	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
7	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.

**Table 12: Frame Property Modifiers, Part 2 of 2**

**Table 12: Frame Property  
Modifiers, Part 2 of 2**

Frame	EAModi fier	EIModifi er
1	0.8	0.8
2	0.8	0.8
3	0.8	0.8
4	0.8	0.8
5	0.8	0.8
6	0.8	0.8
7	0.8	0.8

### 3.2. Areas

**Table 13: Area Section Properties, Part 1 of 3**

**Table 13: Area Section Properties, Part 1 of 3**

Section	Material	AreaType	Type	DrillDOF	Thickness	BendThickness	F11Mod
Panel	A36	Shell	Shell-Thin	Yes	0.00006	0.00006	1.

**Table 13: Area Section Properties, Part 2 of 3**

**Table 13: Area Section Properties, Part 2 of 3**

Section	F22Mod	F12Mod	M11Mod	M22Mod	M12Mod	V13Mod	V23Mod
Panel	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.

**Table 13: Area Section Properties, Part 3 of 3**

**Table 13: Area Section Properties, Part 3 of 3**

Section	MMod	WMod
Panel	1.	1.

### 3.3. Solids

**Table 14: Solid Property Definitions**

**Table 14: Solid Property Definitions**

SolidProp	Material	MatAngleA	MatAngleB	MatAngleC
		Degrees	Degrees	Degrees
Solid1	4000Psi	0.	0.	0.



#### 4. Load patterns

This section provides loading information as applied to the model.

##### 4.1. Definitions

Table 15: Load Pattern Definitions

Table 15: Load Pattern Definitions

LoadPat	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad
DEAD	Dead	1.	
LIVE	Live	0.	
VIENTO	Wind	0.	API4F 2013
GRANIZO	Snow	0.	

##### 4.2. Auto wind loading

Table 16: Auto Wind - API 4F 2013

Table 16: Auto Wind - API 4F 2013

LoadPat	ExposeFrom	Angle	UserZ	WindVel	SSLMult	ShieldFact
Degrees						
VIENTO	Frames	0.	No	93.	1.	0.85

#### 5. Load cases

This section provides load case information.

##### 5.1. Definitions



Table 17: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Table 17: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Case	Type	InitialCond	ModalCase	BaseCase	MassSource	DesAct Opt
DEAD	LinStatic	Zero				Prog Det
MODAL	LinModal	Zero				Prog Det
LIVE	LinStatic	Zero				Prog Det
VIENTO	LinStatic	Zero				Prog Det
GRANIZO	LinStatic	Zero				Prog Det
EX	LinRespSpec		MODAL			Prog Det
EY	LinRespSpec		MODAL			Prog Det

Table 17: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Table 17: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Case	Design Act
DEAD	Non-Composite
MODAL	Other
LIVE	Short-Term Composite
VIENTO	Short-Term Composite



Table 17: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Case	Design Act
GRANIZO	Short-Term Composite
EX	Short-Term Composite
EY	Short-Term Composite

5.2. Static case load assignments

Table 18: Case - Static 1 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
DEAD	Load pattern	DEAD	1.
LIVE	Load pattern	LIVE	1.
VIENTO	Load pattern	VIENTO	1.
GRANIZO	Load pattern	GRANIZO	1.

### 5.3. Response spectrum case load assignments

**Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 1 of 2**

**Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 1 of 2**

Case	ModalCom bo	GMCf1 Cyc/se c	GMCf2 Cyc/se c	PerRigi d	DirCom bo	MotionT ype	Damping Type
EX	CQC	1.0000 E+00	0.0000 E+00	SRSS	SRSS	Accelera tion	Constant
EY	CQC	1.0000 E+00	0.0000 E+00	SRSS	SRSS	Accelera tion	Constant

**Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 2 of 2**

**Table 19: Case -  
Response Spectrum  
1 - General, Part 2 of  
2**

Case	ConstD amp
EX	0.05
EY	0.05



**Table 20: Case - Response Spectrum 2 - Load Assignments**

**Table 20: Case - Response Spectrum 2 - Load Assignments**

Case	LoadType	LoadName	Coords	Function	Angle Degrees	TransAccSF m/sec <sup>2</sup>
EX	Acceleration	U1	GLOBAL	NSR-10 Z. Amazonia	0.	9.81
EY	Acceleration	U2	GLOBAL	NSR-10 Z. Amazonia	0.	9.81

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 1 of 2**

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 1 of 2**

Name	Period Sec	Accel	FuncDamp	Aa	Av	Ae	Ad
NSR-10 Z. Amazonia	0.	0.85	0.05	0.2	0.2	0.13	0.07
NSR-10 Z. Amazonia	0.1	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.2	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.3	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.4	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.5	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.6	0.85					



**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 1 of 2**

Name	Period Sec	Accel	FuncDa mp	Aa	Av	Ae	Ad
NSR-10 Z. Amazonia	0.7	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.8	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.9	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	1.	0.768					
NSR-10 Z. Amazonia	1.2	0.64					
NSR-10 Z. Amazonia	1.5	0.512					
NSR-10 Z. Amazonia	1.7	0.45176	5				
NSR-10 Z. Amazonia	2.	0.384					
NSR-10 Z. Amazonia	2.5	0.3072					
NSR-10 Z. Amazonia	3.	0.256					
NSR-10 Z. Amazonia	3.5	0.21942	9				
NSR-10 Z. Amazonia	4.	0.192					
NSR-10 Z. Amazonia	5.	0.1536					
NSR-10 Z. Amazonia	8.	0.09216					
NSR-10 Z. Amazonia	11.	0.04874	6				
NSR-10 Z. Amazonia	15.	0.02621	4				





**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 2 of 2**

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 2 of 2**

Name	Period Sec	GroupU se	Fa	Fv
NSR-10 Z. Amazonia	0.	Group 1	1.7	3.2
NSR-10 Z. Amazonia	0.1			
NSR-10 Z. Amazonia	0.2			
NSR-10 Z. Amazonia	0.3			
NSR-10 Z. Amazonia	0.4			
NSR-10 Z. Amazonia	0.5			
NSR-10 Z. Amazonia	0.6			
NSR-10 Z. Amazonia	0.7			
NSR-10 Z. Amazonia	0.8			
NSR-10 Z. Amazonia	0.9			
NSR-10 Z. Amazonia	1.			
NSR-10 Z. Amazonia	1.2			
NSR-10 Z. Amazonia	1.5			
NSR-10 Z. Amazonia	1.7			
NSR-10 Z. Amazonia	2.			



**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia  
NSR-10, Part 2 of 2**

Name	Period Sec	GroupU se	Fa	Fv
NSR-10 Z. Amazonia	2.5			
NSR-10 Z. Amazonia	3.			
NSR-10 Z. Amazonia	3.5			
NSR-10 Z. Amazonia	4.			
NSR-10 Z. Amazonia	5.			
NSR-10 Z. Amazonia	8.			
NSR-10 Z. Amazonia	11.			
NSR-10 Z. Amazonia	15.			

**Table 22: Function - Response Spectrum - User**

**Table 22: Function - Response  
Spectrum - User**

Name	Period Sec	Accel	FuncDa mp
UNIFRS	0.	1.	0.05
UNIFRS	1.	1.	

## 6. Load combinations

This section provides load combination information.



**Table 23: Combination Definitions****Table 23: Combination Definitions**

ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
CARGAS SERV.	Linear Add	LIVE	1.
CARGAS SERV.		VIENTO	1.
CARGAS SERV.		GRANIZO	1.
CARGAS SERV.		DEAD	1.
DSTL1	Linear Add	DEAD	1.4
DSTL2	Linear Add	DEAD	1.2
DSTL2		LIVE	1.6
DSTL2		GRANIZO	0.5
DSTL3	Linear Add	DEAD	1.2
DSTL3		LIVE	1.
DSTL3		GRANIZO	1.6
DSTL4	Linear Add	DEAD	1.2
DSTL4		LIVE	1.
DSTL4		GRANIZO	0.5
DSTL4		VIENTO	1.
DSTL5	Linear Add	DEAD	1.2
DSTL5		LIVE	1.
DSTL5		GRANIZO	0.5
DSTL5		VIENTO	-1.
DSTL6	Linear Add	DEAD	1.2
DSTL6		GRANIZO	1.6
DSTL6		VIENTO	0.5
DSTL7	Linear Add	DEAD	1.2
DSTL7		GRANIZO	1.6
DSTL7		VIENTO	-0.5
DSTL8	Linear Add	DEAD	0.9





**Table 23: Combination Definitions**

ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
DSTL8		VIENTO	1.
DSTL9	Linear Add	DEAD	0.9
DSTL9		VIENTO	-1.
DSTL10	Linear Add	DEAD	1.3
DSTL10		LIVE	1.
DSTL10		GRANIZO	0.2
DSTL10		EX	1.
DSTL11	Linear Add	DEAD	1.3
DSTL11		LIVE	1.
DSTL11		GRANIZO	0.2
DSTL11		EY	1.
DSTL12	Linear Add	DEAD	0.8
DSTL12		EX	1.
DSTL13	Linear Add	DEAD	0.8
DSTL13		EY	1.
DSTL14	Linear Add	DEAD	1.
DSTL15	Linear Add	DEAD	1.
DSTL15		LIVE	1.





## 7. Structure results

This section provides structure results, including items such as structural periods and base reactions.

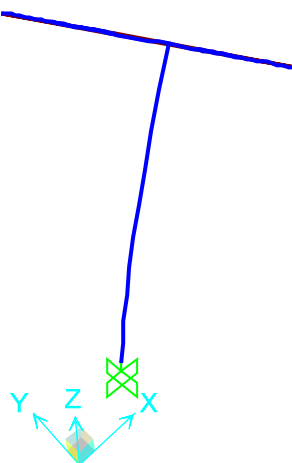


Figure 2: Deformed shape

### 7.1. Mass summary

Table 24: Assembled Joint Masses, Part 1 of 2

Table 24: Assembled Joint Masses, Part 1 of 2

Joint	MassSource	U1	U2	U3	R1	R2	R3	CenterX
		KN-s2/m	KN-s2/m	KN-s2/m	KN-m-s2	KN-m-s2	KN-m-s2	m
1	MSSSR C1	1.094E-02	1.094E-02	1.094E-02	0.	0.	0.	1.
2	MSSSR C1	1.823E-02	1.823E-02	1.823E-02	0.	0.	0.	1.
3	MSSSR C1	7.294E-03	7.294E-03	7.294E-03	0.	0.	0.	0.
4	MSSSR C1	2.059E-03	2.059E-03	2.059E-03	0.	0.	0.	0.
5	MSSSR C1	2.059E-03	2.059E-03	2.059E-03	0.	0.	0.	0.
6	MSSSR C1	7.294E-03	7.294E-03	7.294E-03	0.	0.	0.	2.



**Table 24: Assembled Joint Masses, Part 1 of 2**

Joint	MassSource	U1	U2	U3	R1	R2	R3	CenterX
		KN-s2/m	KN-s2/m	KN-s2/m	KN-m-s2	KN-m-s2	KN-m-s2	m
7	MSSSR C1	2.059E-03	2.059E-03	2.059E-03	0.	0.	0.	2.
8	MSSSR C1	2.059E-03	2.059E-03	2.059E-03	0.	0.	0.	2.
SumAcc eIUx	MSSSR C1	5.200E-02	0.	0.	0.	0.	0.	1.
SumAcc eIUY	MSSSR C1	0.	5.200E-02	0.	0.	0.	0.	1.
SumAcc eIUz	MSSSR C1	0.	0.	5.200E-02	0.	0.	0.	1.

**Table 24: Assembled Joint Masses, Part 2 of 2****Table 24: Assembled Joint Masses, Part 2 of 2**

Joint	MassSource	CenterY	CenterZ
		m	m
1	MSSSR C1	0.5	0.
2	MSSSR C1	0.5	3.
3	MSSSR C1	0.5	3.
4	MSSSR C1	0.	3.
5	MSSSR C1	1.	3.
6	MSSSR C1	0.5	3.
7	MSSSR C1	0.	3.



**Table 24: Assembled Joint Masses, Part 2 of 2**

Joint	MassSource	CenterY m	CenterZ m
8	MSSSR C1	1.	3.
SumAcc eIUX	MSSSR C1	0.5	2.36879
SumAcc eIUY	MSSSR C1	0.5	2.36879
SumAcc eIUZ	MSSSR C1	0.5	2.36879

**7.2. Modal results****Table 25: Modal Participating Mass Ratios****Table 25: Modal Participating Mass Ratios**

OutputCase	StepNumber	Period Sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
MODAL	1.	0.3043 09	0.8670 2	0.	0.	0.8670 2	0.	0.
MODAL	2.	0.2864 1	0.	0.9875 4	0.	0.8670 2	0.9875 4	0.
MODAL	3.	0.1331 35	0.	0.	0.	0.8670 2	0.9875 4	0.
MODAL	4.	0.0634 14	0.1329 7	0.	0.	1.	0.9875 4	0.
MODAL	5.	0.0294 78	0.	0.	0.5746 7	1.	0.9875 4	0.5746 7
MODAL	6.	0.0242 6	0.	0.0124 1	0.	1.	0.9999 4	0.5746 7
MODAL	7.	0.0159 26	0.	0.	0.	1.	0.9999 4	0.5746 7





**Table 25: Modal Participating Mass Ratios**

OutputCase	StepNumber	PeriodSec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
MODAL	8.	0.012829	0.	5.515E-05	0.	1.	1.	0.57467
MODAL	9.	0.004976	0.	6.325E-08	1.909E-19	1.	1.	0.57467
MODAL	10.	0.003774	0.	0.	0.42136	1.	1.	0.99603
MODAL	11.	0.003561	5.968E-07	0.	6.748E-19	1.	1.	0.99603
MODAL	12.	0.003546	0.	0.	0.00397	1.	1.	1.

### 7.3. Base reactions

**Table 26: Base Reactions****Table 26: Base Reactions**

OutputCase	StepType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m
DEAD		0	0	0.497	0.3127	-0.6254	4.869E-18
LIVE		9.853E-18	-3.262E-18	0.462	0.2309	-0.4618	-8.317E-18
VIENTO		-0.44	-2.639E-16	-0.014	-0.1847	-0.6459	0.2418
GRANIZO		-1.971E-17	6.524E-18	-0.924	-0.4618	0.9237	1.663E-17
EX	Max	0.295	1.904E-15	3.287E-14	2.020E-13	0.9786	0.1502
EY	Max	1.683E-15	0.331	9.812E-16	1.0228	2.264E-13	0.3381





## 8. Joint results

This section provides joint results, including items such as displacements and reactions.

**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	OutputCase	StepType	U1	U2	U3	R1	R2
			m	m	m	Radians	Radians
1	DEAD		0.	0.	0.	0.	0.
1	LIVE		0.	0.	0.	0.	0.
1	VIENTO		0.	0.	0.	0.	0.
1	GRANIZO		0.	0.	0.	0.	0.
1	EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.
1	EY	Max	0.	0.	0.	0.	0.
2	DEAD		-2.266E-17	-2.474E-18	-0.00001	1.599E-18	-1.509E-17
2	LIVE		-3.391E-17	-3.984E-18	-9.321E-06	2.683E-18	-2.252E-17
2	VIENTO		0.015071	1.951E-16	7.457E-06	-1.022E-16	0.00722
2	GRANIZO		6.782E-17	7.969E-18	0.000019	-5.367E-18	4.505E-17
2	EX	Max	0.016958	1.187E-15	9.018E-18	5.984E-16	0.00883
2	EY	Max	1.191E-15	0.017069	4.444E-18	0.008556	6.183E-16
3	DEAD		-2.266E-17	-2.475E-18	-	2.168E-18	-
3	LIVE		-3.391E-17	-3.985E-18	-	3.795E-18	-
3	VIENTO		0.015071	-2.025E-16	0.007573	-1.093E-16	0.007731



Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	U1	U2	U3	R1	R2
			m	m	m	Radians	Radians
3	GRANIZO		6.782E-17	7.971E-18	0.000883	-7.589E-18	0.001277
3	EX	Max	0.016959	1.038E-15	0.008914	6.049E-16	0.008955
3	EY	Max	1.192E-15	0.017143	6.241E-16	0.00858	6.267E-16
4	DEAD		-2.266E-17	-2.475E-18	-	0.000032	-
4	LIVE		-3.391E-17	-3.985E-18	-0.000472	0.00008	-
4	VIENTO		0.015075	1.240E-09	0.007596	-	0.007731
4	GRANIZO		6.782E-17	7.971E-18	0.000939	-0.000164	0.001277
4	EX	Max	0.016961	1.159E-09	0.008916	7.648E-06	0.008955
4	EY	Max	0.000019	0.017143	0.004291	0.008583	4.287E-15
5	DEAD		-2.266E-17	-2.475E-18	-	-0.000032	-
5	LIVE		-3.391E-17	-3.985E-18	-0.000472	-0.00008	-
5	VIENTO		0.015075	-1.240E-09	0.007596	0.000064	0.007731
5	GRANIZO		6.782E-17	7.971E-18	0.000939	0.00016	0.001277
5	EX	Max	0.016961	1.159E-09	0.008916	7.648E-06	0.008955





Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians
5	EY	Max	0.000019	0.017143	0.004291	0.008583	4.100E-15
6	DEAD		-2.266E-17	-2.475E-18	-0.000311	1.669E-18	0.000436
6	LIVE		-3.391E-17	-3.981E-18	-0.000441	2.690E-18	0.000639
6	VIENTO		0.015071	6.066E-16	-0.006867	-1.023E-16	0.006709
6	GRANIZO		6.782E-17	7.962E-18	0.000883	-5.380E-18	-0.001277
6	EX	Max	0.016959	1.580E-15	0.008914	6.006E-16	0.008955
6	EY	Max	1.194E-15	0.017143	6.239E-16	0.008583	6.273E-16
7	DEAD		-2.266E-17	-2.475E-18	-0.000322	0.000033	0.000436
7	LIVE		-3.391E-17	-3.981E-18	-0.000472	0.000083	0.000639
7	VIENTO		0.015075	-1.240E-09	0.006845	0.000064	0.006709
7	GRANIZO		6.782E-17	7.962E-18	0.000939	-0.000163	-0.001277
7	EX	Max	0.016961	1.159E-09	0.008916	7.648E-06	0.008955
7	EY	Max	0.000019	0.017143	0.004291	0.008583	4.111E-15





**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	OutputCase	StepType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians
8	DEAD		-2.266E-17	-2.475E-18	-0.000322	-0.00003	0.000436
8	LIVE		-3.391E-17	-3.981E-18	-0.00047	-0.00008	0.000639
8	VIENTO		0.015075	1.240E-09	0.006845	0.000064	0.006709
8	GRANIZO		6.782E-17	7.962E-18	0.000939	0.00016	-0.001277
8	EX	Max	0.016961	1.159E-09	0.008916	7.648E-06	0.008955
8	EY	Max	0.000019	0.017143	0.004291	0.008583	4.276E-15

**Table 27: Joint Displacements, Part 2 of 2**

**Table 27: Joint Displacements, Part 2 of 2**

Joint	R3 Radians
1	0.
1	0.
1	0.
1	0.
1	0.
1	0.
2	0.
2	0.
2	3.851E-16



Table 27: Joint Displacements, Part 2 of 2

Joint	R3 Radians
2	0.
2	5.684E-16
2	4.315E-14
3	0.
3	0.
3	3.955E-16
3	0.
3	5.856E-16
3	0.000055
4	0.
4	0.
4	5.908E-06
4	0.
4	5.523E-06
4	0.000032
5	0.
5	0.
5	-5.908E-06
5	0.
5	5.523E-06
5	0.000032



**Table 27: Joint  
Displacements,  
Part 2 of 2**

Joint	R3 Radians
6	0.
6	0.
6	4.239E- 16
6	0.
6	6.194E- 16
6	0.00005 5
7	0.
7	0.
7	5.908E- 06
7	0.
7	5.523E- 06
7	0.00003 2
8	0.
8	0.
8	-5.908E- 06
8	0.
8	5.523E- 06
8	0.00003 2





Table 28: Joint Reactions, Part 1 of 2

Table 28: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m
1	DEAD		0	0	0.497	-1.053E-16	9.128E-16
1	LIVE		9.853E-18	-3.262E-18	0.462	-1.568E-16	1.372E-15
1	VIENTO		-0.44	-2.639E-16	-0.014	1.117E-14	-1.0154
1	GRANIZO		-1.971E-17	6.524E-18	-0.924	3.137E-16	-2.745E-15
1	EX	Max	0.295	1.904E-15	3.287E-14	7.074E-14	0.9786
1	EY	Max	1.683E-15	0.331	9.812E-16	1.0228	6.887E-14

Table 28: Joint Reactions, Part 2 of 2

Table 28: Joint Reactions, Part 2 of 2

Joint	M3 KN-m
1	-2.148E-20
1	-1.289E-19
1	-2.232E-14
1	2.577E-19
1	3.294E-14
1	2.500E-12





## 9. Frame results

This section provides frame force results.

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
1	0.	DEAD		-0.625	-2.148E-18	-5.964E-18
1	1.5	DEAD		-0.518	-2.148E-18	-5.964E-18
1	3.	DEAD		-0.411	-2.148E-18	-5.964E-18
1	0.	LIVE		-0.462	-9.853E-18	3.262E-18
1	1.5	LIVE		-0.462	-9.853E-18	3.262E-18
1	3.	LIVE		-0.462	-9.853E-18	3.262E-18
1	0.	VIENTO		0.369	0.484	3.339E-15
1	1.5	VIENTO		0.369	0.338	3.339E-15
1	3.	VIENTO		0.369	0.193	3.339E-15
1	0.	GRANIZO		0.924	1.971E-17	-6.524E-18
1	1.5	GRANIZO		0.924	1.971E-17	-6.524E-18
1	3.	GRANIZO		0.924	1.971E-17	-6.524E-18
1	0.	EX	Max	4.469E-13	0.3	2.312E-14



Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m			KN	KN	KN
1	1.5	EX	Max	4.469E-13	0.3	2.312E-14
1	3.	EX	Max	4.469E-13	0.3	2.312E-14
1	0.	EY	Max	2.202E-13	2.109E-14	0.338
1	1.5	EY	Max	2.202E-13	2.109E-14	0.338
1	3.	EY	Max	2.202E-13	2.109E-14	0.338
1	0.	DSTL1		-0.876	-3.007E-18	-8.350E-18
1	1.5	DSTL1		-0.725	-3.007E-18	-8.350E-18
1	3.	DSTL1		-0.575	-3.007E-18	-8.350E-18
1	0.	DSTL2		-1.028	-8.489E-18	-5.200E-18
1	1.5	DSTL2		-0.899	-8.489E-18	-5.200E-18
1	3.	DSTL2		-0.77	-8.489E-18	-5.200E-18
1	0.	DSTL3		0.266	1.910E-17	-1.433E-17
1	1.5	DSTL3		0.394	1.910E-17	-1.433E-17
1	3.	DSTL3		0.523	1.910E-17	-1.433E-17
1	0.	DSTL4		-0.381	0.484	3.332E-15
1	1.5	DSTL4		-0.252	0.338	3.332E-15





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
1	3.	DSTL4		-0.124	0.193	3.332E-15
1	0.	DSTL5		-1.12	-0.484	-3.346E-15
1	1.5	DSTL5		-0.991	-0.338	-3.346E-15
1	3.	DSTL5		-0.862	-0.193	-3.346E-15
1	0.	DSTL6		0.912	0.242	1.652E-15
1	1.5	DSTL6		1.041	0.169	1.652E-15
1	3.	DSTL6		1.17	0.097	1.652E-15
1	0.	DSTL7		0.543	-0.242	-1.687E-15
1	1.5	DSTL7		0.671	-0.169	-1.687E-15
1	3.	DSTL7		0.8	-0.097	-1.687E-15
1	0.	DSTL8		-0.193	0.484	3.333E-15
1	1.5	DSTL8		-0.097	0.338	3.333E-15
1	3.	DSTL8		-2.632E-04	0.193	3.333E-15
1	0.	DSTL9		-0.932	-0.484	-3.344E-15
1	1.5	DSTL9		-0.836	-0.338	-3.344E-15
1	3.	DSTL9		-0.739	-0.193	-3.344E-15





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
1	0.	DSTL10	Max	-1.09	0.3	2.312E-14
1	1.5	DSTL10	Max	-0.951	0.3	2.312E-14
1	3.	DSTL10	Max	-0.811	0.3	2.312E-14
1	0.	DSTL10	Min	-1.09	-0.3	-2.313E-14
1	1.5	DSTL10	Min	-0.951	-0.3	-2.313E-14
1	3.	DSTL10	Min	-0.811	-0.3	-2.313E-14
1	0.	DSTL11	Max	-1.09	2.108E-14	0.338
1	1.5	DSTL11	Max	-0.951	2.108E-14	0.338
1	3.	DSTL11	Max	-0.811	2.108E-14	0.338
1	0.	DSTL11	Min	-1.09	-2.110E-14	-0.338
1	1.5	DSTL11	Min	-0.951	-2.110E-14	-0.338
1	3.	DSTL11	Min	-0.811	-2.110E-14	-0.338
1	0.	DSTL12	Max	-0.5	0.3	2.312E-14
1	1.5	DSTL12	Max	-0.414	0.3	2.312E-14
1	3.	DSTL12	Max	-0.329	0.3	2.312E-14
1	0.	DSTL12	Min	-0.5	-0.3	-2.313E-14





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
1	1.5	DSTL12	Min	-0.414	-0.3	-2.313E-14
1	3.	DSTL12	Min	-0.329	-0.3	-2.313E-14
1	0.	DSTL13	Max	-0.5	2.109E-14	0.338
1	1.5	DSTL13	Max	-0.414	2.109E-14	0.338
1	3.	DSTL13	Max	-0.329	2.109E-14	0.338
1	0.	DSTL13	Min	-0.5	-2.109E-14	-0.338
1	1.5	DSTL13	Min	-0.414	-2.109E-14	-0.338
1	3.	DSTL13	Min	-0.329	-2.109E-14	-0.338
1	0.	DSTL14		-0.625	-2.148E-18	-5.964E-18
1	1.5	DSTL14		-0.518	-2.148E-18	-5.964E-18
1	3.	DSTL14		-0.411	-2.148E-18	-5.964E-18
1	0.	DSTL15		-1.087	-1.200E-17	-2.702E-18
1	1.5	DSTL15		-0.98	-1.200E-17	-2.702E-18
1	3.	DSTL15		-0.873	-1.200E-17	-2.702E-18
2	0.	DEAD		-9.765E-19	-0.205	-2.687E-18
2	0.5	DEAD		-9.765E-19	-0.17	-2.687E-18





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m			KN	KN	KN
2	1.	DEAD		-9.765E-19	-0.134	-2.687E-18
2	0.	LIVE		-1.858E-19	-0.231	1.465E-18
2	0.5	LIVE		-1.858E-19	-0.231	1.465E-18
2	1.	LIVE		-1.858E-19	-0.231	1.465E-18
2	0.	VIENTO		-0.097	0.185	-1.495E-14
2	0.5	VIENTO		-0.097	0.185	-1.495E-14
2	1.	VIENTO		-0.097	0.185	-1.495E-14
2	0.	GRANIZO		3.717E-19	0.462	-2.931E-18
2	0.5	GRANIZO		3.717E-19	0.462	-2.931E-18
2	1.	GRANIZO		3.717E-19	0.462	-2.931E-18
2	0.	EX	Max	0.084	0.061	1.496E-14
2	0.5	EX	Max	0.084	0.061	1.496E-14
2	1.	EX	Max	0.084	0.061	1.496E-14
2	0.	EY	Max	1.074E-12	1.272E-14	0.094
2	0.5	EY	Max	1.074E-12	1.272E-14	0.094
2	1.	EY	Max	1.074E-12	1.272E-14	0.094





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
2	0.	DSTL1		-1.367E-18	-0.288	-3.762E-18
2	0.5	DSTL1		-1.367E-18	-0.237	-3.762E-18
2	1.	DSTL1		-1.367E-18	-0.187	-3.762E-18
2	0.	DSTL2		-1.283E-18	-0.385	-2.345E-18
2	0.5	DSTL2		-1.283E-18	-0.342	-2.345E-18
2	1.	DSTL2		-1.283E-18	-0.299	-2.345E-18
2	0.	DSTL3		-7.630E-19	0.262	-6.449E-18
2	0.5	DSTL3		-7.630E-19	0.304	-6.449E-18
2	1.	DSTL3		-7.630E-19	0.347	-6.449E-18
2	0.	DSTL4		-0.097	-0.062	-1.495E-14
2	0.5	DSTL4		-0.097	-0.019	-1.495E-14
2	1.	DSTL4		-0.097	0.024	-1.495E-14
2	0.	DSTL5		0.097	-0.431	1.495E-14
2	0.5	DSTL5		0.097	-0.388	1.495E-14
2	1.	DSTL5		0.097	-0.345	1.495E-14
2	0.	DSTL6		-0.048	0.585	-7.482E-15





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m			KN	KN	KN
2	0.5	DSTL6		-0.048	0.628	-7.482E-15
2	1.	DSTL6		-0.048	0.671	-7.482E-15
2	0.	DSTL7		0.048	0.4	7.466E-15
2	0.5	DSTL7		0.048	0.443	7.466E-15
2	1.	DSTL7		0.048	0.486	7.466E-15
2	0.	DSTL8		-0.097	-1.316E-04	-1.495E-14
2	0.5	DSTL8		-0.097	0.032	-1.495E-14
2	1.	DSTL8		-0.097	0.064	-1.495E-14
2	0.	DSTL9		0.097	-0.37	1.495E-14
2	0.5	DSTL9		0.097	-0.337	1.495E-14
2	1.	DSTL9		0.097	-0.305	1.495E-14
2	0.	DSTL10	Max	0.084	-0.344	1.496E-14
2	0.5	DSTL10	Max	0.084	-0.298	1.496E-14
2	1.	DSTL10	Max	0.084	-0.251	1.496E-14
2	0.	DSTL10	Min	-0.084	-0.467	-1.496E-14
2	0.5	DSTL10	Min	-0.084	-0.42	-1.496E-14





**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
2	1.	DSTL10	Min	-0.084	-0.374	-1.496E-14
2	0.	DSTL11	Max	1.074E-12	-0.406	0.094
2	0.5	DSTL11	Max	1.074E-12	-0.359	0.094
2	1.	DSTL11	Max	1.074E-12	-0.313	0.094
2	0.	DSTL11	Min	-1.074E-12	-0.406	-0.094
2	0.5	DSTL11	Min	-1.074E-12	-0.359	-0.094
2	1.	DSTL11	Min	-1.074E-12	-0.313	-0.094
2	0.	DSTL12	Max	0.084	-0.103	1.496E-14
2	0.5	DSTL12	Max	0.084	-0.075	1.496E-14
2	1.	DSTL12	Max	0.084	-0.046	1.496E-14
2	0.	DSTL12	Min	-0.084	-0.226	-1.496E-14
2	0.5	DSTL12	Min	-0.084	-0.197	-1.496E-14
2	1.	DSTL12	Min	-0.084	-0.168	-1.496E-14
2	0.	DSTL13	Max	1.074E-12	-0.164	0.094
2	0.5	DSTL13	Max	1.074E-12	-0.136	0.094
2	1.	DSTL13	Max	1.074E-12	-0.107	0.094



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m			KN	KN	KN
2	0.	DSTL13	Min	-1.074E-12	-0.164	-0.094
2	0.5	DSTL13	Min	-1.074E-12	-0.136	-0.094
2	1.	DSTL13	Min	-1.074E-12	-0.107	-0.094
2	0.	DSTL14		-9.765E-19	-0.205	-2.687E-18
2	0.5	DSTL14		-9.765E-19	-0.17	-2.687E-18
2	1.	DSTL14		-9.765E-19	-0.134	-2.687E-18
2	0.	DSTL15		-1.162E-18	-0.436	-1.222E-18
2	0.5	DSTL15		-1.162E-18	-0.401	-1.222E-18
2	1.	DSTL15		-1.162E-18	-0.365	-1.222E-18
3	0.	DEAD		1.560E-18	-0.067	1.128E-18
3	0.5	DEAD		1.560E-18	-0.031	1.128E-18
3	0.	LIVE		-6.480E-19	-0.115	-9.615E-19
3	0.5	LIVE		-6.480E-19	-0.115	-9.615E-19
3	0.	VIENTO		-3.687E-04	0.092	-0.048
3	0.5	VIENTO		-3.687E-04	0.092	3.035E-14
3	0.	GRANIZO		1.296E-18	0.231	1.923E-18





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m			KN	KN	KN
3	0.5	GRANIZO		1.296E-18	0.231	1.923E-18
3	0.	EX	Max	3.447E-04	0.011	0.015
3	0.5	EX	Max	3.447E-04	0.011	0.015
3	0.	EY	Max	0.017	6.003E-03	0.041
3	0.5	EY	Max	0.017	6.003E-03	0.041
3	0.	DSTL1		2.183E-18	-0.094	1.580E-18
3	0.5	DSTL1		2.183E-18	-0.044	1.580E-18
3	0.	DSTL2		1.483E-18	-0.15	7.770E-19
3	0.5	DSTL2		1.483E-18	-0.107	7.770E-19
3	0.	DSTL3		3.297E-18	0.174	3.469E-18
3	0.5	DSTL3		3.297E-18	0.217	3.469E-18
3	0.	DSTL4		-3.687E-04	0.012	-0.048
3	0.5	DSTL4		-3.687E-04	0.055	3.035E-14
3	0.	DSTL5		3.687E-04	-0.173	0.048
3	0.5	DSTL5		3.687E-04	-0.13	-3.035E-14
3	0.	DSTL6		-1.843E-04	0.335	-0.024





**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
3	0.5	DSTL6		-1.843E-04	0.378	1.518E-14
3	0.	DSTL7		1.843E-04	0.243	0.024
3	0.5	DSTL7		1.843E-04	0.286	-1.517E-14
3	0.	DSTL8		-3.687E-04	0.032	-0.048
3	0.5	DSTL8		-3.687E-04	0.064	3.035E-14
3	0.	DSTL9		3.687E-04	-0.153	0.048
3	0.5	DSTL9		3.687E-04	-0.12	-3.035E-14
3	0.	DSTL10	Max	3.447E-04	-0.145	0.015
3	0.5	DSTL10	Max	3.447E-04	-0.099	0.015
3	0.	DSTL10	Min	-3.447E-04	-0.167	-0.015
3	0.5	DSTL10	Min	-3.447E-04	-0.121	-0.015
3	0.	DSTL11	Max	0.017	-0.15	0.041
3	0.5	DSTL11	Max	0.017	-0.104	0.041
3	0.	DSTL11	Min	-0.017	-0.162	-0.041
3	0.5	DSTL11	Min	-0.017	-0.116	-0.041
3	0.	DSTL12	Max	3.447E-04	-0.042	0.015
3	0.5	DSTL12	Max	3.447E-04	-0.014	0.015
3	0.	DSTL12	Min	-3.447E-04	-0.065	-0.015



Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m			KN	KN	KN
3	0.5	DSTL12	Min	-3.447E-04	-0.036	-0.015
3	0.	DSTL13	Max	0.017	-0.048	0.041
3	0.5	DSTL13	Max	0.017	-0.019	0.041
3	0.	DSTL13	Min	-0.017	-0.06	-0.041
3	0.5	DSTL13	Min	-0.017	-0.031	-0.041
3	0.	DSTL14		1.560E-18	-0.067	1.128E-18
3	0.5	DSTL14		1.560E-18	-0.031	1.128E-18
3	0.	DSTL15		9.116E-19	-0.182	1.668E-19
3	0.5	DSTL15		9.116E-19	-0.147	1.668E-19
4	0.	DEAD		-1.128E-18	-0.067	2.105E-18
4	0.5	DEAD		-1.128E-18	-0.031	2.105E-18
4	0.	LIVE		8.174E-19	-0.115	-7.756E-19
4	0.5	LIVE		8.174E-19	-0.115	-7.756E-19
4	0.	VIENTO		-3.687E-04	0.092	0.048
4	0.5	VIENTO		-3.687E-04	0.092	-1.929E-15
4	0.	GRANIZO		-1.635E-18	0.231	1.551E-18
4	0.5	GRANIZO		-1.635E-18	0.231	1.551E-18
4	0.	EX	Max	3.447E-04	0.011	0.015



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m			KN	KN	KN
4	0.5	EX	Max	3.447E-04	0.011	0.015
4	0.	EY	Max	0.017	6.003E-03	0.041
4	0.5	EY	Max	0.017	6.003E-03	0.041
4	0.	DSTL1		-1.579E-18	-0.094	2.947E-18
4	0.5	DSTL1		-1.579E-18	-0.044	2.947E-18
4	0.	DSTL2		-8.627E-19	-0.15	2.060E-18
4	0.5	DSTL2		-8.627E-19	-0.107	2.060E-18
4	0.	DSTL3		-3.152E-18	0.174	4.232E-18
4	0.5	DSTL3		-3.152E-18	0.217	4.232E-18
4	0.	DSTL4		-3.687E-04	0.012	0.048
4	0.5	DSTL4		-3.687E-04	0.055	-1.926E-15
4	0.	DSTL5		3.687E-04	-0.173	-0.048
4	0.5	DSTL5		3.687E-04	-0.13	1.932E-15
4	0.	DSTL6		-1.843E-04	0.335	0.024
4	0.5	DSTL6		-1.843E-04	0.378	-9.595E-16
4	0.	DSTL7		1.843E-04	0.243	-0.024



Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
4	0.5	DSTL7		1.843E-04	0.286	9.695E-16
4	0.	DSTL8		-3.687E-04	0.032	0.048
4	0.5	DSTL8		-3.687E-04	0.064	-1.927E-15
4	0.	DSTL9		3.687E-04	-0.153	-0.048
4	0.5	DSTL9		3.687E-04	-0.12	1.931E-15
4	0.	DSTL10	Max	3.447E-04	-0.145	0.015
4	0.5	DSTL10	Max	3.447E-04	-0.099	0.015
4	0.	DSTL10	Min	-3.447E-04	-0.167	-0.015
4	0.5	DSTL10	Min	-3.447E-04	-0.121	-0.015
4	0.	DSTL11	Max	0.017	-0.15	0.041
4	0.5	DSTL11	Max	0.017	-0.104	0.041
4	0.	DSTL11	Min	-0.017	-0.162	-0.041
4	0.5	DSTL11	Min	-0.017	-0.116	-0.041
4	0.	DSTL12	Max	3.447E-04	-0.042	0.015
4	0.5	DSTL12	Max	3.447E-04	-0.014	0.015
4	0.	DSTL12	Min	-3.447E-04	-0.065	-0.015
4	0.5	DSTL12	Min	-3.447E-04	-0.036	-0.015
4	0.	DSTL13	Max	0.017	-0.048	0.041
4	0.5	DSTL13	Max	0.017	-0.019	0.041
4	0.	DSTL13	Min	-0.017	-0.06	-0.041



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
4	0.5	DSTL13	Min	-0.017	-0.031	-0.041
4	0.	DSTL14		-1.128E-18	-0.067	2.105E-18
4	0.5	DSTL14		-1.128E-18	-0.031	2.105E-18
4	0.	DSTL15		-3.102E-19	-0.182	1.329E-18
4	0.5	DSTL15		-3.102E-19	-0.147	1.329E-18
5	0.	DEAD		-3.124E-18	-0.205	3.277E-18
5	0.5	DEAD		-3.124E-18	-0.17	3.277E-18
5	1.	DEAD		-3.124E-18	-0.134	3.277E-18
5	0.	LIVE		-1.004E-17	-0.231	-1.797E-18
5	0.5	LIVE		-1.004E-17	-0.231	-1.797E-18
5	1.	LIVE		-1.004E-17	-0.231	-1.797E-18
5	0.	VIENTO		0.097	0.185	-1.432E-14
5	0.5	VIENTO		0.097	0.185	-1.432E-14
5	1.	VIENTO		0.097	0.185	-1.432E-14
5	0.	GRANIZO		2.008E-17	0.462	3.593E-18
5	0.5	GRANIZO		2.008E-17	0.462	3.593E-18
5	1.	GRANIZO		2.008E-17	0.462	3.593E-18







Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
5	0.	EX	Max	0.084	0.061	2.756E-14
5	0.5	EX	Max	0.084	0.061	2.756E-14
5	1.	EX	Max	0.084	0.061	2.756E-14
5	0.	EY	Max	2.073E-12	1.280E-14	0.094
5	0.5	EY	Max	2.073E-12	1.280E-14	0.094
5	1.	EY	Max	2.073E-12	1.280E-14	0.094
5	0.	DSTL1		-4.374E-18	-0.288	4.587E-18
5	0.5	DSTL1		-4.374E-18	-0.237	4.587E-18
5	1.	DSTL1		-4.374E-18	-0.187	4.587E-18
5	0.	DSTL2		-9.772E-18	-0.385	2.854E-18
5	0.5	DSTL2		-9.772E-18	-0.342	2.854E-18
5	1.	DSTL2		-9.772E-18	-0.299	2.854E-18
5	0.	DSTL3		1.834E-17	0.262	7.884E-18
5	0.5	DSTL3		1.834E-17	0.304	7.884E-18
5	1.	DSTL3		1.834E-17	0.347	7.884E-18
5	0.	DSTL4		0.097	-0.062	-1.431E-14





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
5	0.5	DSTL4		0.097	-0.019	-1.431E-14
5	1.	DSTL4		0.097	0.024	-1.431E-14
5	0.	DSTL5		-0.097	-0.431	1.432E-14
5	0.5	DSTL5		-0.097	-0.388	1.432E-14
5	1.	DSTL5		-0.097	-0.345	1.432E-14
5	0.	DSTL6		0.048	0.585	-7.149E-15
5	0.5	DSTL6		0.048	0.628	-7.149E-15
5	1.	DSTL6		0.048	0.671	-7.149E-15
5	0.	DSTL7		-0.048	0.4	7.168E-15
5	0.5	DSTL7		-0.048	0.443	7.168E-15
5	1.	DSTL7		-0.048	0.486	7.168E-15
5	0.	DSTL8		0.097	-1.316E-04	-1.431E-14
5	0.5	DSTL8		0.097	0.032	-1.431E-14
5	1.	DSTL8		0.097	0.064	-1.431E-14
5	0.	DSTL9		-0.097	-0.37	1.432E-14
5	0.5	DSTL9		-0.097	-0.337	1.432E-14





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m			KN	KN	KN
5	1.	DSTL9		-0.097	-0.305	1.432E-14
5	0.	DSTL10	Max	0.084	-0.344	2.757E-14
5	0.5	DSTL10	Max	0.084	-0.298	2.757E-14
5	1.	DSTL10	Max	0.084	-0.251	2.757E-14
5	0.	DSTL10	Min	-0.084	-0.467	-2.756E-14
5	0.5	DSTL10	Min	-0.084	-0.42	-2.756E-14
5	1.	DSTL10	Min	-0.084	-0.374	-2.756E-14
5	0.	DSTL11	Max	2.073E-12	-0.406	0.094
5	0.5	DSTL11	Max	2.073E-12	-0.359	0.094
5	1.	DSTL11	Max	2.073E-12	-0.313	0.094
5	0.	DSTL11	Min	-2.073E-12	-0.406	-0.094
5	0.5	DSTL11	Min	-2.073E-12	-0.359	-0.094
5	1.	DSTL11	Min	-2.073E-12	-0.313	-0.094
5	0.	DSTL12	Max	0.084	-0.103	2.756E-14
5	0.5	DSTL12	Max	0.084	-0.075	2.756E-14
5	1.	DSTL12	Max	0.084	-0.046	2.756E-14





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m			KN	KN	KN
5	0.	DSTL12	Min	-0.084	-0.226	-2.756E-14
5	0.5	DSTL12	Min	-0.084	-0.197	-2.756E-14
5	1.	DSTL12	Min	-0.084	-0.168	-2.756E-14
5	0.	DSTL13	Max	2.073E-12	-0.164	0.094
5	0.5	DSTL13	Max	2.073E-12	-0.136	0.094
5	1.	DSTL13	Max	2.073E-12	-0.107	0.094
5	0.	DSTL13	Min	-2.073E-12	-0.164	-0.094
5	0.5	DSTL13	Min	-2.073E-12	-0.136	-0.094
5	1.	DSTL13	Min	-2.073E-12	-0.107	-0.094
5	0.	DSTL14		-3.124E-18	-0.205	3.277E-18
5	0.5	DSTL14		-3.124E-18	-0.17	3.277E-18
5	1.	DSTL14		-3.124E-18	-0.134	3.277E-18
5	0.	DSTL15		-1.316E-17	-0.436	1.480E-18
5	0.5	DSTL15		-1.316E-17	-0.401	1.480E-18
5	1.	DSTL15		-1.316E-17	-0.365	1.480E-18
6	0.	DEAD		1.451E-19	-0.067	-3.551E-19





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m			KN	KN	KN
6	0.5	DEAD		1.451E-19	-0.031	-3.551E-19
6	0.	LIVE		3.368E-19	-0.115	-1.914E-19
6	0.5	LIVE		3.368E-19	-0.115	-1.914E-19
6	0.	VIENTO		3.687E-04	0.092	-0.048
6	0.5	VIENTO		3.687E-04	0.092	1.929E-15
6	0.	GRANIZO		-6.736E-19	0.231	3.827E-19
6	0.5	GRANIZO		-6.736E-19	0.231	3.827E-19
6	0.	EX	Max	3.447E-04	0.011	0.015
6	0.5	EX	Max	3.447E-04	0.011	0.015
6	0.	EY	Max	0.017	6.003E-03	0.041
6	0.5	EY	Max	0.017	6.003E-03	0.041
6	0.	DSTL1		2.031E-19	-0.094	-4.971E-19
6	0.5	DSTL1		2.031E-19	-0.044	-4.971E-19
6	0.	DSTL2		3.762E-19	-0.15	-5.409E-19
6	0.5	DSTL2		3.762E-19	-0.107	-5.409E-19
6	0.	DSTL3		-5.669E-19	0.174	0.





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
6	0.5	DSTL3		-5.669E-19	0.217	0.
6	0.	DSTL4		3.687E-04	0.012	-0.048
6	0.5	DSTL4		3.687E-04	0.055	1.929E-15
6	0.	DSTL5		-3.687E-04	-0.173	0.048
6	0.5	DSTL5		-3.687E-04	-0.13	-1.929E-15
6	0.	DSTL6		1.843E-04	0.335	-0.024
6	0.5	DSTL6		1.843E-04	0.378	9.647E-16
6	0.	DSTL7		-1.843E-04	0.243	0.024
6	0.5	DSTL7		-1.843E-04	0.286	-9.643E-16
6	0.	DSTL8		3.687E-04	0.032	-0.048
6	0.5	DSTL8		3.687E-04	0.064	1.929E-15
6	0.	DSTL9		-3.687E-04	-0.153	0.048
6	0.5	DSTL9		-3.687E-04	-0.12	-1.929E-15
6	0.	DSTL10	Max	3.447E-04	-0.145	0.015
6	0.5	DSTL10	Max	3.447E-04	-0.099	0.015
6	0.	DSTL10	Min	-3.447E-04	-0.167	-0.015





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m	e	e	KN	KN	KN
6	0.5	DSTL10	Min	-3.447E-04	-0.121	-0.015
6	0.	DSTL11	Max	0.017	-0.15	0.041
6	0.5	DSTL11	Max	0.017	-0.104	0.041
6	0.	DSTL11	Min	-0.017	-0.162	-0.041
6	0.5	DSTL11	Min	-0.017	-0.116	-0.041
6	0.	DSTL12	Max	3.447E-04	-0.042	0.015
6	0.5	DSTL12	Max	3.447E-04	-0.014	0.015
6	0.	DSTL12	Min	-3.447E-04	-0.065	-0.015
6	0.5	DSTL12	Min	-3.447E-04	-0.036	-0.015
6	0.	DSTL13	Max	0.017	-0.048	0.041
6	0.5	DSTL13	Max	0.017	-0.019	0.041
6	0.	DSTL13	Min	-0.017	-0.06	-0.041
6	0.5	DSTL13	Min	-0.017	-0.031	-0.041
6	0.	DSTL14		1.451E-19	-0.067	-3.551E-19
6	0.5	DSTL14		1.451E-19	-0.031	-3.551E-19
6	0.	DSTL15		4.819E-19	-0.182	-5.464E-19
6	0.5	DSTL15		4.819E-19	-0.147	-5.464E-19
7	0.	DEAD		4.586E-20	0.031	-1.415E-20
7	0.5	DEAD		4.586E-20	0.067	-1.415E-20
7	0.	LIVE		-5.933E-20	0.115	2.819E-19





Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
7	0.5	LIVE		-5.933E-20	0.115	2.819E-19
7	0.	VIENTO		3.687E-04	-0.092	-2.842E-14
7	0.5	VIENTO		3.687E-04	-0.092	0.048
7	0.	GRANIZO		1.187E-19	-0.231	-5.638E-19
7	0.5	GRANIZO		1.187E-19	-0.231	-5.638E-19
7	0.	EX	Max	3.447E-04	0.011	0.015
7	0.5	EX	Max	3.447E-04	0.011	0.015
7	0.	EY	Max	0.017	6.003E-03	0.041
7	0.5	EY	Max	0.017	6.003E-03	0.041
7	0.	DSTL1		6.420E-20	0.044	-1.981E-20
7	0.5	DSTL1		6.420E-20	0.094	-1.981E-20
7	0.	DSTL2		1.943E-20	0.107	1.522E-19
7	0.5	DSTL2		1.943E-20	0.15	1.522E-19
7	0.	DSTL3		1.855E-19	-0.217	-6.372E-19
7	0.5	DSTL3		1.855E-19	-0.174	-6.372E-19
7	0.	DSTL4		3.687E-04	-0.055	-2.842E-14







Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN
7	0.5	DSTL4		3.687E-04	-0.012	0.048
7	0.	DSTL5		-3.687E-04	0.13	2.842E-14
7	0.5	DSTL5		-3.687E-04	0.173	-0.048
7	0.	DSTL6		1.843E-04	-0.378	-1.421E-14
7	0.5	DSTL6		1.843E-04	-0.335	0.024
7	0.	DSTL7		-1.843E-04	-0.286	1.421E-14
7	0.5	DSTL7		-1.843E-04	-0.243	-0.024
7	0.	DSTL8		3.687E-04	-0.064	-2.842E-14
7	0.5	DSTL8		3.687E-04	-0.032	0.048
7	0.	DSTL9		-3.687E-04	0.12	2.842E-14
7	0.5	DSTL9		-3.687E-04	0.153	-0.048
7	0.	DSTL10	Max	3.447E-04	0.121	0.015
7	0.5	DSTL10	Max	3.447E-04	0.167	0.015
7	0.	DSTL10	Min	-3.447E-04	0.099	-0.015
7	0.5	DSTL10	Min	-3.447E-04	0.145	-0.015
7	0.	DSTL11	Max	0.017	0.116	0.041
7	0.5	DSTL11	Max	0.017	0.162	0.041
7	0.	DSTL11	Min	-0.017	0.104	-0.041



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3
	m	e	e	KN	KN	KN
7	0.5	DSTL11	Min	-0.017	0.15	-0.041
7	0.	DSTL12	Max	3.447E-04	0.036	0.015
7	0.5	DSTL12	Max	3.447E-04	0.065	0.015
7	0.	DSTL12	Min	-3.447E-04	0.014	-0.015
7	0.5	DSTL12	Min	-3.447E-04	0.042	-0.015
7	0.	DSTL13	Max	0.017	0.031	0.041
7	0.5	DSTL13	Max	0.017	0.06	0.041
7	0.	DSTL13	Min	-0.017	0.019	-0.041
7	0.5	DSTL13	Min	-0.017	0.048	-0.041
7	0.	DSTL14		4.586E-20	0.031	-1.415E-20
7	0.5	DSTL14		4.586E-20	0.067	-1.415E-20
7	0.	DSTL15		-1.347E-20	0.147	2.678E-19
7	0.5	DSTL15		-1.347E-20	0.182	2.678E-19

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2****Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m	e	e	KN-m	KN-m	KN-m
1	0.	DEAD		2.148E-20	-1.053E-16	-9.128E-16
1	1.5	DEAD		2.148E-20	-9.638E-17	-9.096E-16



Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
1	3.	DEAD		2.148E-20	-8.744E-17	-9.063E-16
1	0.	LIVE		1.289E-19	-1.568E-16	-1.372E-15
1	1.5	LIVE		1.289E-19	-1.617E-16	-1.358E-15
1	3.	LIVE		1.289E-19	-1.666E-16	-1.343E-15
1	0.	VIENTO		2.232E-14	1.117E-14	1.0154
1	1.5	VIENTO		2.232E-14	6.160E-15	0.3989
1	3.	VIENTO		2.232E-14	1.153E-15	6.173E-14
1	0.	GRANIZO		-2.577E-19	3.137E-16	2.745E-15
1	1.5	GRANIZO		-2.577E-19	3.235E-16	2.715E-15
1	3.	GRANIZO		-2.577E-19	3.332E-16	2.686E-15
1	0.	EX	Max	3.294E-14	7.074E-14	0.9786
1	1.5	EX	Max	3.294E-14	3.607E-14	0.5322
1	3.	EX	Max	3.294E-14	1.982E-15	0.1224
1	0.	EY	Max	2.500E-12	1.0228	6.887E-14
1	1.5	EY	Max	2.500E-12	0.5157	3.727E-14
1	3.	EY	Max	2.500E-12	0.012	5.970E-15



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	OutputCase	StepType	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
1	0.	DSTL1		3.007E-20	-1.475E-16	-1.278E-15
1	1.5	DSTL1		3.007E-20	-1.349E-16	-1.273E-15
1	3.	DSTL1		3.007E-20	-1.224E-16	-1.269E-15
1	0.	DSTL2		1.031E-19	-2.205E-16	-1.919E-15
1	1.5	DSTL2		1.031E-19	-2.127E-16	-1.906E-15
1	3.	DSTL2		1.031E-19	-2.049E-16	-1.893E-15
1	0.	DSTL3		-2.577E-19	2.186E-16	1.924E-15
1	1.5	DSTL3		-2.577E-19	2.401E-16	1.895E-15
1	3.	DSTL3		-2.577E-19	2.616E-16	1.866E-15
1	0.	DSTL4		2.232E-14	1.104E-14	1.0154
1	1.5	DSTL4		2.232E-14	6.045E-15	0.3989
1	3.	DSTL4		2.232E-14	1.048E-15	6.064E-14
1	0.	DSTL5		-2.232E-14	-1.129E-14	-1.0154
1	1.5	DSTL5		-2.232E-14	-6.276E-15	-0.3989
1	3.	DSTL5		-2.232E-14	-1.257E-15	-6.282E-14
1	0.	DSTL6		1.116E-14	5.960E-15	0.5077



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
1	1.5	DSTL6		1.116E-14	3.482E-15	0.1995
1	3.	DSTL6		1.116E-14	1.005E-15	3.407E-14
1	0.	DSTL7		-1.116E-14	-5.209E-15	-0.5077
1	1.5	DSTL7		-1.116E-14	-2.678E-15	-0.1995
1	3.	DSTL7		-1.116E-14	-1.480E-16	-2.765E-14
1	0.	DSTL8		2.232E-14	1.107E-14	1.0154
1	1.5	DSTL8		2.232E-14	6.074E-15	0.3989
1	3.	DSTL8		2.232E-14	1.074E-15	6.091E-14
1	0.	DSTL9		-2.232E-14	-1.126E-14	-1.0154
1	1.5	DSTL9		-2.232E-14	-6.247E-15	-0.3989
1	3.	DSTL9		-2.232E-14	-1.231E-15	-6.254E-14
1	0.	DSTL10	Max	3.294E-14	7.051E-14	0.9786
1	1.5	DSTL10	Max	3.294E-14	3.584E-14	0.5322
1	3.	DSTL10	Max	3.294E-14	1.768E-15	0.1224
1	0.	DSTL10	Min	-3.294E-14	-7.097E-14	-0.9786
1	1.5	DSTL10	Min	-3.294E-14	-3.629E-14	-0.5322





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
1	3.	DSTL10	Min	-3.294E-14	-2.195E-15	-0.1224
1	0.	DSTL11	Max	2.500E-12	1.0228	6.686E-14
1	1.5	DSTL11	Max	2.500E-12	0.5157	3.527E-14
1	3.	DSTL11	Max	2.500E-12	0.012	3.986E-15
1	0.	DSTL11	Min	-2.500E-12	-1.0228	-7.088E-14
1	1.5	DSTL11	Min	-2.500E-12	-0.5157	-3.926E-14
1	3.	DSTL11	Min	-2.500E-12	-0.012	-7.954E-15
1	0.	DSTL12	Max	3.294E-14	7.065E-14	0.9786
1	1.5	DSTL12	Max	3.294E-14	3.599E-14	0.5322
1	3.	DSTL12	Max	3.294E-14	1.912E-15	0.1224
1	0.	DSTL12	Min	-3.294E-14	-7.082E-14	-0.9786
1	1.5	DSTL12	Min	-3.294E-14	-3.614E-14	-0.5322
1	3.	DSTL12	Min	-3.294E-14	-2.052E-15	-0.1224
1	0.	DSTL13	Max	2.500E-12	1.0228	6.814E-14
1	1.5	DSTL13	Max	2.500E-12	0.5157	3.654E-14
1	3.	DSTL13	Max	2.500E-12	0.012	5.245E-15





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
1	0.	DSTL13	Min	-2.500E-12	-1.0228	-6.960E-14
1	1.5	DSTL13	Min	-2.500E-12	-0.5157	-3.799E-14
1	3.	DSTL13	Min	-2.500E-12	-0.012	-6.695E-15
1	0.	DSTL14		2.148E-20	-1.053E-16	-9.128E-16
1	1.5	DSTL14		2.148E-20	-9.638E-17	-9.096E-16
1	3.	DSTL14		2.148E-20	-8.744E-17	-9.063E-16
1	0.	DSTL15		1.503E-19	-2.622E-16	-2.285E-15
1	1.5	DSTL15		1.503E-19	-2.581E-16	-2.267E-15
1	3.	DSTL15		1.503E-19	-2.541E-16	-2.249E-15
2	0.	DEAD		-9.896E-17	-1.439E-18	-0.1696
2	0.5	DEAD		-9.896E-17	-9.524E-20	-0.0759
2	1.	DEAD		-9.896E-17	1.248E-18	1.796E-09
2	0.	LIVE		-1.932E-16	8.704E-19	-0.2309
2	0.5	LIVE		-1.932E-16	1.377E-19	-0.1155
2	1.	LIVE		-1.932E-16	-5.950E-19	2.715E-09
2	0.	VIENTO		1.230E-15	-9.356E-15	0.1847



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
2	0.5	VIENTO		1.230E-15	-1.882E-15	0.0924
2	1.	VIENTO		1.230E-15	5.592E-15	-2.172E-09
2	0.	GRANIZO		3.864E-16	-1.741E-18	0.4618
2	0.5	GRANIZO		3.864E-16	-2.754E-19	0.2309
2	1.	GRANIZO		3.864E-16	1.190E-18	-5.430E-09
2	0.	EX	Max	2.587E-15	1.079E-14	0.0612
2	0.5	EX	Max	2.587E-15	3.702E-15	0.0306
2	1.	EX	Max	2.587E-15	4.779E-15	6.352E-10
2	0.	EY	Max	0.006	0.057	1.273E-14
2	0.5	EY	Max	0.006	0.0099	6.369E-15
2	1.	EY	Max	0.006	0.0372	7.579E-17
2	0.	DSTL1		-1.385E-16	-2.014E-18	-0.2375
2	0.5	DSTL1		-1.385E-16	-1.333E-19	-0.1062
2	1.	DSTL1		-1.385E-16	1.748E-18	2.514E-09
2	0.	DSTL2		-2.347E-16	-1.204E-18	-0.3421
2	0.5	DSTL2		-2.347E-16	-3.167E-20	-0.1603







Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
2	1.	DSTL2		-2.347E-16	1.141E-18	3.784E-09
2	0.	DSTL3		3.063E-16	-3.642E-18	0.3045
2	0.5	DSTL3		3.063E-16	-4.172E-19	0.163
2	1.	DSTL3		3.063E-16	2.807E-18	-3.818E-09
2	0.	DSTL4		1.111E-15	-9.358E-15	-0.0188
2	0.5	DSTL4		1.111E-15	-1.882E-15	0.0013
2	1.	DSTL4		1.111E-15	5.594E-15	-1.715E-11
2	0.	DSTL5		-1.348E-15	9.354E-15	-0.3883
2	0.5	DSTL5		-1.348E-15	1.882E-15	-0.1834
2	1.	DSTL5		-1.348E-15	-5.591E-15	4.327E-09
2	0.	DSTL6		1.114E-15	-4.683E-15	0.6277
2	0.5	DSTL6		1.114E-15	-9.415E-16	0.3246
2	1.	DSTL6		1.114E-15	2.800E-15	-7.619E-09
2	0.	DSTL7		-1.153E-16	4.674E-15	0.443
2	0.5	DSTL7		-1.153E-16	9.404E-16	0.2322
2	1.	DSTL7		-1.153E-16	-2.793E-15	-5.447E-09



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
2	0.	DSTL8		1.140E-15	-9.358E-15	0.0321
2	0.5	DSTL8		1.140E-15	-1.882E-15	0.0241
2	1.	DSTL8		1.140E-15	5.593E-15	-5.559E-10
2	0.	DSTL9		-1.319E-15	9.355E-15	-0.3374
2	0.5	DSTL9		-1.319E-15	1.882E-15	-0.1607
2	1.	DSTL9		-1.319E-15	-5.591E-15	3.788E-09
2	0.	DSTL10	Max	2.343E-15	1.079E-14	-0.2979
2	0.5	DSTL10	Max	2.343E-15	3.702E-15	-0.1373
2	1.	DSTL10	Max	2.343E-15	4.780E-15	4.599E-09
2	0.	DSTL10	Min	-2.832E-15	-1.079E-14	-0.4203
2	0.5	DSTL10	Min	-2.832E-15	-3.702E-15	-0.1985
2	1.	DSTL10	Min	-2.832E-15	-4.778E-15	3.328E-09
2	0.	DSTL11	Max	0.006	0.057	-0.3591
2	0.5	DSTL11	Max	0.006	0.0099	-0.1679
2	1.	DSTL11	Max	0.006	0.0372	3.963E-09
2	0.	DSTL11	Min	-0.006	-0.057	-0.3591
2	0.5	DSTL11	Min	-0.006	-0.0099	-0.1679
2	1.	DSTL11	Min	-0.006	-0.0372	3.963E-09





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
2	0.	DSTL12	Max	2.508E-15	1.079E-14	-0.0745
2	0.5	DSTL12	Max	2.508E-15	3.702E-15	-0.0301
2	1.	DSTL12	Max	2.508E-15	4.780E-15	2.072E-09
2	0.	DSTL12	Min	-2.666E-15	-1.079E-14	-0.1969
2	0.5	DSTL12	Min	-2.666E-15	-3.702E-15	-0.0913
2	1.	DSTL12	Min	-2.666E-15	-4.778E-15	8.013E-10
2	0.	DSTL13	Max	0.006	0.057	-0.1357
2	0.5	DSTL13	Max	0.006	0.0099	-0.0607
2	1.	DSTL13	Max	0.006	0.0372	1.437E-09
2	0.	DSTL13	Min	-0.006	-0.057	-0.1357
2	0.5	DSTL13	Min	-0.006	-0.0099	-0.0607
2	1.	DSTL13	Min	-0.006	-0.0372	1.437E-09
2	0.	DSTL14		-9.896E-17	-1.439E-18	-0.1696
2	0.5	DSTL14		-9.896E-17	-9.524E-20	-0.0759
2	1.	DSTL14		-9.896E-17	1.248E-18	1.796E-09
2	0.	DSTL15		-2.922E-16	-5.685E-19	-0.4006
2	0.5	DSTL15		-2.922E-16	4.245E-20	-0.1913
2	1.	DSTL15		-2.922E-16	6.534E-19	4.511E-09





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
3	0.	DEAD		-8.978E-10	4.773E-19	-0.0245
3	0.5	DEAD		-8.978E-10	-8.680E-20	7.532E-10
3	0.	LIVE		-1.357E-09	-3.674E-19	-0.0577
3	0.5	LIVE		-1.357E-09	1.134E-19	1.389E-09
3	0.	VIENTO		1.086E-09	-0.0102	0.0462
3	0.5	VIENTO		1.086E-09	0.0019	-1.111E-09
3	0.	GRANIZO		2.715E-09	7.347E-19	0.1155
3	0.5	GRANIZO		2.715E-09	-2.267E-19	-2.778E-09
3	0.	EX	Max	3.176E-10	0.0058	0.0055
3	0.5	EX	Max	3.176E-10	0.0018	8.363E-11
3	0.	EY	Max	1.442E-12	0.0186	0.003
3	0.5	EY	Max	1.442E-12	0.002	2.884E-11
3	0.	DSTL1		-1.257E-09	6.682E-19	-0.0343
3	0.5	DSTL1		-1.257E-09	-1.215E-19	1.054E-09
3	0.	DSTL2		-1.892E-09	3.524E-19	-0.0641
3	0.5	DSTL2		-1.892E-09	-3.614E-20	1.737E-09



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
3	0.	DSTL3		1.909E-09	1.381E-18	0.0976
3	0.5	DSTL3		1.909E-09	-3.536E-19	-2.152E-09
3	0.	DSTL4		8.573E-12	-0.0102	0.0167
3	0.5	DSTL4		8.573E-12	0.0019	-2.074E-10
3	0.	DSTL5		-2.163E-09	0.0102	-0.0756
3	0.5	DSTL5		-2.163E-09	-0.0019	2.015E-09
3	0.	DSTL6		3.810E-09	-0.0051	0.1784
3	0.5	DSTL6		3.810E-09	9.465E-04	-4.097E-09
3	0.	DSTL7		2.724E-09	0.0051	0.1322
3	0.5	DSTL7		2.724E-09	-9.465E-04	-2.986E-09
3	0.	DSTL8		2.779E-10	-0.0102	0.0241
3	0.5	DSTL8		2.779E-10	0.0019	-4.334E-10
3	0.	DSTL9		-1.894E-09	0.0102	-0.0683
3	0.5	DSTL9		-1.894E-09	-0.0019	1.789E-09
3	0.	DSTL10	Max	-1.664E-09	0.0058	-0.061
3	0.5	DSTL10	Max	-1.664E-09	0.0018	1.896E-09





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
3	0.	DSTL10	Min	-2.299E-09	-0.0058	-0.0721
3	0.5	DSTL10	Min	-2.299E-09	-0.0018	1.729E-09
3	0.	DSTL11	Max	-1.980E-09	0.0186	-0.0635
3	0.5	DSTL11	Max	-1.980E-09	0.002	1.841E-09
3	0.	DSTL11	Min	-1.983E-09	-0.0186	-0.0695
3	0.5	DSTL11	Min	-1.983E-09	-0.002	1.784E-09
3	0.	DSTL12	Max	-4.007E-10	0.0058	-0.0141
3	0.5	DSTL12	Max	-4.007E-10	0.0018	6.862E-10
3	0.	DSTL12	Min	-1.036E-09	-0.0058	-0.0252
3	0.5	DSTL12	Min	-1.036E-09	-0.0018	5.189E-10
3	0.	DSTL13	Max	-7.168E-10	0.0186	-0.0166
3	0.5	DSTL13	Max	-7.168E-10	0.002	6.314E-10
3	0.	DSTL13	Min	-7.197E-10	-0.0186	-0.0226
3	0.5	DSTL13	Min	-7.197E-10	-0.002	5.737E-10
3	0.	DSTL14		-8.978E-10	4.773E-19	-0.0245
3	0.5	DSTL14		-8.978E-10	-8.680E-20	7.532E-10



Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
3	0.	DSTL15		-2.255E-09	1.100E-19	-0.0823
3	0.5	DSTL15		-2.255E-09	2.657E-20	2.142E-09
4	0.	DEAD		8.978E-10	7.711E-19	-0.0245
4	0.5	DEAD		8.978E-10	-2.813E-19	7.532E-10
4	0.	LIVE		1.357E-09	-2.277E-19	-0.0577
4	0.5	LIVE		1.357E-09	1.602E-19	1.389E-09
4	0.	VIENTO		-1.086E-09	0.0102	0.0462
4	0.5	VIENTO		-1.086E-09	-0.0019	-1.111E-09
4	0.	GRANIZO		-2.715E-09	4.553E-19	0.1155
4	0.5	GRANIZO		-2.715E-09	-3.203E-19	-2.778E-09
4	0.	EX	Max	3.176E-10	0.0058	0.0055
4	0.5	EX	Max	3.176E-10	0.0018	8.364E-11
4	0.	EY	Max	1.442E-12	0.0186	0.003
4	0.5	EY	Max	1.442E-12	0.002	2.884E-11
4	0.	DSTL1		1.257E-09	1.079E-18	-0.0343
4	0.5	DSTL1		1.257E-09	-3.938E-19	1.054E-09





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
4	0.	DSTL2		1.892E-09	7.887E-19	-0.0641
4	0.5	DSTL2		1.892E-09	-2.415E-19	1.737E-09
4	0.	DSTL3		-1.909E-09	1.426E-18	0.0976
4	0.5	DSTL3		-1.909E-09	-6.899E-19	-2.152E-09
4	0.	DSTL4		-8.572E-12	0.0102	0.0167
4	0.5	DSTL4		-8.572E-12	-0.0019	-2.074E-10
4	0.	DSTL5		2.163E-09	-0.0102	-0.0756
4	0.5	DSTL5		2.163E-09	0.0019	2.015E-09
4	0.	DSTL6		-3.810E-09	0.0051	0.1784
4	0.5	DSTL6		-3.810E-09	-9.465E-04	-4.097E-09
4	0.	DSTL7		-2.724E-09	-0.0051	0.1322
4	0.5	DSTL7		-2.724E-09	9.465E-04	-2.986E-09
4	0.	DSTL8		-2.779E-10	0.0102	0.0241
4	0.5	DSTL8		-2.779E-10	-0.0019	-4.334E-10
4	0.	DSTL9		1.894E-09	-0.0102	-0.0683
4	0.5	DSTL9		1.894E-09	0.0019	1.789E-09





**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
4	0.	DSTL10	Max	2.299E-09	0.0058	-0.061
4	0.5	DSTL10	Max	2.299E-09	0.0018	1.896E-09
4	0.	DSTL10	Min	1.664E-09	-0.0058	-0.0721
4	0.5	DSTL10	Min	1.664E-09	-0.0018	1.729E-09
4	0.	DSTL11	Max	1.983E-09	0.0186	-0.0635
4	0.5	DSTL11	Max	1.983E-09	0.002	1.841E-09
4	0.	DSTL11	Min	1.980E-09	-0.0186	-0.0695
4	0.5	DSTL11	Min	1.980E-09	-0.002	1.784E-09
4	0.	DSTL12	Max	1.036E-09	0.0058	-0.0141
4	0.5	DSTL12	Max	1.036E-09	0.0018	6.862E-10
4	0.	DSTL12	Min	4.007E-10	-0.0058	-0.0252
4	0.5	DSTL12	Min	4.007E-10	-0.0018	5.189E-10
4	0.	DSTL13	Max	7.197E-10	0.0186	-0.0166
4	0.5	DSTL13	Max	7.197E-10	0.002	6.314E-10
4	0.	DSTL13	Min	7.168E-10	-0.0186	-0.0226
4	0.5	DSTL13	Min	7.168E-10	-0.002	5.737E-10





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
4	0.	DSTL14		8.978E-10	7.711E-19	-0.0245
4	0.5	DSTL14		8.978E-10	-2.813E-19	7.532E-10
4	0.	DSTL15		2.255E-09	5.434E-19	-0.0823
4	0.5	DSTL15		2.255E-09	-1.212E-19	2.142E-09
5	0.	DEAD		1.222E-17	1.684E-18	-0.1696
5	0.5	DEAD		1.222E-17	4.547E-20	-0.0759
5	1.	DEAD		1.222E-17	-1.593E-18	1.796E-09
5	0.	LIVE		1.155E-18	-9.550E-19	-0.2309
5	0.5	LIVE		1.155E-18	-5.670E-20	-0.1155
5	1.	LIVE		1.155E-18	8.416E-19	2.715E-09
5	0.	VIENTO		-2.081E-17	-1.417E-14	0.1847
5	0.5	VIENTO		-2.081E-17	-7.012E-15	0.0924
5	1.	VIENTO		-2.081E-17	1.467E-16	-2.172E-09
5	0.	GRANIZO		-2.309E-18	1.910E-18	0.4618
5	0.5	GRANIZO		-2.309E-18	1.134E-19	0.2309
5	1.	GRANIZO		-2.309E-18	-1.683E-18	-5.430E-09

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
5	0.	EX	Max	1.682E-15	2.279E-14	0.0612
5	0.5	EX	Max	1.682E-15	9.289E-15	0.0306
5	1.	EX	Max	1.682E-15	5.729E-15	6.352E-10
5	0.	EY	Max	0.006	0.057	1.277E-14
5	0.5	EY	Max	0.006	0.0099	6.378E-15
5	1.	EY	Max	0.006	0.0372	4.757E-16
5	0.	DSTL1		1.711E-17	2.357E-18	-0.2375
5	0.5	DSTL1		1.711E-17	6.366E-20	-0.1062
5	1.	DSTL1		1.711E-17	-2.230E-18	2.514E-09
5	0.	DSTL2		1.536E-17	1.448E-18	-0.3421
5	0.5	DSTL2		1.536E-17	2.055E-20	-0.1603
5	1.	DSTL2		1.536E-17	-1.407E-18	3.784E-09
5	0.	DSTL3		1.212E-17	4.122E-18	0.3045
5	0.5	DSTL3		1.212E-17	1.793E-19	0.163
5	1.	DSTL3		1.212E-17	-3.763E-18	-3.818E-09
5	0.	DSTL4		-6.145E-18	-1.417E-14	-0.0188





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
5	0.5	DSTL4		-6.145E-18	-7.012E-15	0.0013
5	1.	DSTL4		-6.145E-18	1.448E-16	-1.715E-11
5	0.	DSTL5		3.547E-17	1.417E-14	-0.3883
5	0.5	DSTL5		3.547E-17	7.012E-15	-0.1834
5	1.	DSTL5		3.547E-17	-1.486E-16	4.327E-09
5	0.	DSTL6		5.643E-19	-7.080E-15	0.6277
5	0.5	DSTL6		5.643E-19	-3.506E-15	0.3246
5	1.	DSTL6		5.643E-19	6.873E-17	-7.619E-09
5	0.	DSTL7		2.137E-17	7.090E-15	0.443
5	0.5	DSTL7		2.137E-17	3.506E-15	0.2322
5	1.	DSTL7		2.137E-17	-7.794E-17	-5.447E-09
5	0.	DSTL8		-9.811E-18	-1.417E-14	0.0321
5	0.5	DSTL8		-9.811E-18	-7.012E-15	0.0241
5	1.	DSTL8		-9.811E-18	1.452E-16	-5.559E-10
5	0.	DSTL9		3.181E-17	1.417E-14	-0.3374
5	0.5	DSTL9		3.181E-17	7.012E-15	-0.1607



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
5	1.	DSTL9		3.181E-17	-1.481E-16	3.788E-09
5	0.	DSTL10	Max	1.698E-15	2.280E-14	-0.2979
5	0.5	DSTL10	Max	1.698E-15	9.289E-15	-0.1373
5	1.	DSTL10	Max	1.698E-15	5.728E-15	4.599E-09
5	0.	DSTL10	Min	-1.665E-15	-2.279E-14	-0.4203
5	0.5	DSTL10	Min	-1.665E-15	-9.289E-15	-0.1985
5	1.	DSTL10	Min	-1.665E-15	-5.731E-15	3.328E-09
5	0.	DSTL11	Max	0.006	0.057	-0.3591
5	0.5	DSTL11	Max	0.006	0.0099	-0.1679
5	1.	DSTL11	Max	0.006	0.0372	3.963E-09
5	0.	DSTL11	Min	-0.006	-0.057	-0.3591
5	0.5	DSTL11	Min	-0.006	-0.0099	-0.1679
5	1.	DSTL11	Min	-0.006	-0.0372	3.963E-09
5	0.	DSTL12	Max	1.691E-15	2.280E-14	-0.0745
5	0.5	DSTL12	Max	1.691E-15	9.289E-15	-0.0301
5	1.	DSTL12	Max	1.691E-15	5.728E-15	2.072E-09
5	0.	DSTL12	Min	-1.672E-15	-2.279E-14	-0.1969
5	0.5	DSTL12	Min	-1.672E-15	-9.289E-15	-0.0913



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
5	1.	DSTL12	Min	-1.672E-15	-5.730E-15	8.013E-10
5	0.	DSTL13	Max	0.006	0.057	-0.1357
5	0.5	DSTL13	Max	0.006	0.0099	-0.0607
5	1.	DSTL13	Max	0.006	0.0372	1.437E-09
5	0.	DSTL13	Min	-0.006	-0.057	-0.1357
5	0.5	DSTL13	Min	-0.006	-0.0099	-0.0607
5	1.	DSTL13	Min	-0.006	-0.0372	1.437E-09
5	0.	DSTL14		1.222E-17	1.684E-18	-0.1696
5	0.5	DSTL14		1.222E-17	4.547E-20	-0.0759
5	1.	DSTL14		1.222E-17	-1.593E-18	1.796E-09
5	0.	DSTL15		1.337E-17	7.289E-19	-0.4006
5	0.5	DSTL15		1.337E-17	-1.122E-20	-0.1913
5	1.	DSTL15		1.337E-17	-7.513E-19	4.511E-09
6	0.	DEAD		8.978E-10	-1.516E-19	-0.0245
6	0.5	DEAD		8.978E-10	2.595E-20	7.532E-10
6	0.	LIVE		1.357E-09	-7.384E-20	-0.0577
6	0.5	LIVE		1.357E-09	2.185E-20	1.389E-09
6	0.	VIENTO		-1.086E-09	-0.0102	0.0462





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
6	0.5	VIENTO		-1.086E-09	0.0019	-1.111E-09
6	0.	GRANIZO		-2.715E-09	1.477E-19	0.1155
6	0.5	GRANIZO		-2.715E-09	-4.370E-20	-2.778E-09
6	0.	EX	Max	3.176E-10	0.0058	0.0055
6	0.5	EX	Max	3.176E-10	0.0018	8.363E-11
6	0.	EY	Max	1.442E-12	0.0186	0.003
6	0.5	EY	Max	1.442E-12	0.002	2.884E-11
6	0.	DSTL1		1.257E-09	-2.122E-19	-0.0343
6	0.5	DSTL1		1.257E-09	3.633E-20	1.054E-09
6	0.	DSTL2		1.892E-09	-2.262E-19	-0.0641
6	0.5	DSTL2		1.892E-09	4.425E-20	1.737E-09
6	0.	DSTL3		-1.909E-09	-1.946E-20	0.0976
6	0.5	DSTL3		-1.909E-09	-1.693E-20	-2.152E-09
6	0.	DSTL4		-8.574E-12	-0.0102	0.0167
6	0.5	DSTL4		-8.574E-12	0.0019	-2.074E-10
6	0.	DSTL5		2.163E-09	0.0102	-0.0756



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	OutputCase	StepType	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
6	0.5	DSTL5		2.163E-09	-0.0019	2.015E-09
6	0.	DSTL6		-3.810E-09	-0.0051	0.1784
6	0.5	DSTL6		-3.810E-09	9.465E-04	-4.097E-09
6	0.	DSTL7		-2.724E-09	0.0051	0.1322
6	0.5	DSTL7		-2.724E-09	-9.465E-04	-2.986E-09
6	0.	DSTL8		-2.779E-10	-0.0102	0.0241
6	0.5	DSTL8		-2.779E-10	0.0019	-4.334E-10
6	0.	DSTL9		1.894E-09	0.0102	-0.0683
6	0.5	DSTL9		1.894E-09	-0.0019	1.789E-09
6	0.	DSTL10	Max	2.299E-09	0.0058	-0.061
6	0.5	DSTL10	Max	2.299E-09	0.0018	1.896E-09
6	0.	DSTL10	Min	1.664E-09	-0.0058	-0.0721
6	0.5	DSTL10	Min	1.664E-09	-0.0018	1.729E-09
6	0.	DSTL11	Max	1.983E-09	0.0186	-0.0635
6	0.5	DSTL11	Max	1.983E-09	0.002	1.841E-09
6	0.	DSTL11	Min	1.980E-09	-0.0186	-0.0695







Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station m	OutputCase	StepType	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
6	0.5	DSTL11	Min	1.980E-09	-0.002	1.784E-09
6	0.	DSTL12	Max	1.036E-09	0.0058	-0.0141
6	0.5	DSTL12	Max	1.036E-09	0.0018	6.862E-10
6	0.	DSTL12	Min	4.007E-10	-0.0058	-0.0252
6	0.5	DSTL12	Min	4.007E-10	-0.0018	5.189E-10
6	0.	DSTL13	Max	7.197E-10	0.0186	-0.0166
6	0.5	DSTL13	Max	7.197E-10	0.002	6.314E-10
6	0.	DSTL13	Min	7.168E-10	-0.0186	-0.0226
6	0.5	DSTL13	Min	7.168E-10	-0.002	5.737E-10
6	0.	DSTL14		8.978E-10	-1.516E-19	-0.0245
6	0.5	DSTL14		8.978E-10	2.595E-20	7.532E-10
6	0.	DSTL15		2.255E-09	-2.254E-19	-0.0823
6	0.5	DSTL15		2.255E-09	4.780E-20	2.142E-09
7	0.	DEAD		-8.978E-10	1.546E-20	7.532E-10
7	0.5	DEAD		-8.978E-10	2.254E-20	-0.0245
7	0.	LIVE		-1.357E-09	4.303E-20	1.389E-09



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	OutputCase	StepType	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
7	0.5	LIVE		-1.357E-09	-9.793E-20	-0.0577
7	0.	VIENTO		1.086E-09	0.0019	-1.111E-09
7	0.5	VIENTO		1.086E-09	-0.0102	0.0462
7	0.	GRANIZO		2.715E-09	-8.605E-20	-2.778E-09
7	0.5	GRANIZO		2.715E-09	1.959E-19	0.1155
7	0.	EX	Max	3.176E-10	0.0018	8.363E-11
7	0.5	EX	Max	3.176E-10	0.0058	0.0055
7	0.	EY	Max	1.442E-12	0.002	2.884E-11
7	0.5	EY	Max	1.442E-12	0.0186	0.003
7	0.	DSTL1		-1.257E-09	2.165E-20	1.054E-09
7	0.5	DSTL1		-1.257E-09	3.155E-20	-0.0343
7	0.	DSTL2		-1.892E-09	4.437E-20	1.737E-09
7	0.5	DSTL2		-1.892E-09	-3.171E-20	-0.0641
7	0.	DSTL3		1.909E-09	-7.610E-20	-2.152E-09
7	0.5	DSTL3		1.909E-09	2.425E-19	0.0976
7	0.	DSTL4		8.573E-12	0.0019	-2.074E-10



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	OutputCase	StepType	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
7	0.5	DSTL4		8.573E-12	-0.0102	0.0167
7	0.	DSTL5		-2.163E-09	-0.0019	2.015E-09
7	0.5	DSTL5		-2.163E-09	0.0102	-0.0756
7	0.	DSTL6		3.810E-09	9.465E-04	-4.097E-09
7	0.5	DSTL6		3.810E-09	-0.0051	0.1784
7	0.	DSTL7		2.724E-09	-9.465E-04	-2.986E-09
7	0.5	DSTL7		2.724E-09	0.0051	0.1322
7	0.	DSTL8		2.779E-10	0.0019	-4.334E-10
7	0.5	DSTL8		2.779E-10	-0.0102	0.0241
7	0.	DSTL9		-1.894E-09	-0.0019	1.789E-09
7	0.5	DSTL9		-1.894E-09	0.0102	-0.0683
7	0.	DSTL10	Max	-1.664E-09	0.0018	1.896E-09
7	0.5	DSTL10	Max	-1.664E-09	0.0058	-0.061
7	0.	DSTL10	Min	-2.299E-09	-0.0018	1.729E-09
7	0.5	DSTL10	Min	-2.299E-09	-0.0058	-0.0721
7	0.	DSTL11	Max	-1.980E-09	0.002	1.841E-09





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	T	M2	M3
	m			KN-m	KN-m	KN-m
7	0.5	DSTL11	Max	-1.980E-09	0.0186	-0.0635
7	0.	DSTL11	Min	-1.983E-09	-0.002	1.784E-09
7	0.5	DSTL11	Min	-1.983E-09	-0.0186	-0.0695
7	0.	DSTL12	Max	-4.007E-10	0.0018	6.862E-10
7	0.5	DSTL12	Max	-4.007E-10	0.0058	-0.0141
7	0.	DSTL12	Min	-1.036E-09	-0.0018	5.189E-10
7	0.5	DSTL12	Min	-1.036E-09	-0.0058	-0.0252
7	0.	DSTL13	Max	-7.168E-10	0.002	6.314E-10
7	0.5	DSTL13	Max	-7.168E-10	0.0186	-0.0166
7	0.	DSTL13	Min	-7.197E-10	-0.002	5.737E-10
7	0.5	DSTL13	Min	-7.197E-10	-0.0186	-0.0226
7	0.	DSTL14		-8.978E-10	1.546E-20	7.532E-10
7	0.5	DSTL14		-8.978E-10	2.254E-20	-0.0245
7	0.	DSTL15		-2.255E-09	5.849E-20	2.142E-09
7	0.5	DSTL15		-2.255E-09	-7.539E-20	-0.0823





## 10. Area results

This section provides area results, including items such as forces and stresses.

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	Joint	OutputCase	StepType	F11 KN/m	F22 KN/m	F12 KN/m
5	5	4	DEAD		-8.649E-19	-2.421E-19	-4.623E-19
5	5	7	DEAD		-8.681E-19	-2.527E-19	1.267E-20
5	5	8	DEAD		1.831E-19	6.264E-20	6.069E-19
5	5	5	DEAD		1.863E-19	7.333E-20	1.319E-19
5	5	4	LIVE		2.268E-18	6.873E-19	-1.546E-19
5	5	7	LIVE		2.270E-18	6.921E-19	-6.832E-20
5	5	8	LIVE		-3.215E-18	-9.533E-19	8.684E-19
5	5	5	LIVE		-3.216E-18	-9.581E-19	7.820E-19
5	5	4	VIENTO		-9.809E-06	-3.270E-05	-2.727E-02
5	5	7	VIENTO		9.809E-06	3.270E-05	-2.727E-02
5	5	8	VIENTO		9.809E-06	3.270E-05	2.727E-02
5	5	5	VIENTO		-9.809E-06	-3.270E-05	2.727E-02
5	5	4	GRANIZO		-4.537E-18	-1.375E-18	3.093E-19
5	5	7	GRANIZO		-4.539E-18	-1.384E-18	1.366E-19



Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3

Area	AreaElement	Joint	OutputCase	StepType	F11	F22	F12
					KN/m	KN/m	KN/m
5	5	8	GRANIZO		6.430E-18	1.907E-18	-1.737E-18
5	5	5	GRANIZO		6.433E-18	1.916E-18	-1.564E-18
5	5	4	EX	Max	9.171E-06	3.057E-05	2.549E-02
5	5	7	EX	Max	9.171E-06	3.057E-05	2.549E-02
5	5	8	EX	Max	9.171E-06	3.057E-05	2.549E-02
5	5	5	EX	Max	9.171E-06	3.057E-05	2.549E-02
5	5	4	EY	Max	0.25	7.414E-02	2.583E-02
5	5	7	EY	Max	0.25	7.414E-02	2.583E-02
5	5	8	EY	Max	0.25	7.414E-02	2.583E-02
5	5	5	EY	Max	0.25	7.414E-02	2.583E-02

Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3

Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3

Area	Joint	OutputCase	StepType	M11	M22	M12
				KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m
5	4	DEAD		-1.796E-09	-7.532E-10	0.
5	7	DEAD		-1.796E-09	-7.532E-10	0.
5	8	DEAD		-1.796E-09	-7.532E-10	0.



Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3

Area	Joint	OutputCase	StepType	M11 KN-m/m	M22 KN-m/m	M12 KN-m/m
5	5	DEAD		-1.796E-09	-7.532E-10	0.
5	4	LIVE		-2.715E-09	-1.389E-09	0.
5	7	LIVE		-2.715E-09	-1.389E-09	0.
5	8	LIVE		-2.715E-09	-1.389E-09	0.
5	5	LIVE		-2.715E-09	-1.389E-09	0.
5	4	VIENTO		2.172E-09	1.111E-09	0.
5	7	VIENTO		2.172E-09	1.111E-09	0.
5	8	VIENTO		2.172E-09	1.111E-09	0.
5	5	VIENTO		2.172E-09	1.111E-09	0.
5	4	GRANIZO		5.430E-09	2.778E-09	0.
5	7	GRANIZO		5.430E-09	2.778E-09	0.
5	8	GRANIZO		5.430E-09	2.778E-09	0.
5	5	GRANIZO		5.430E-09	2.778E-09	0.
5	4	EX	Max	6.352E-10	2.456E-10	1.059E-11
5	7	EX	Max	6.352E-10	2.456E-10	1.059E-11
5	8	EX	Max	6.352E-10	2.456E-10	1.059E-11



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	Joint	OutputCase	StepType	M11	M22	M12
				KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m
5	5	EX	Max	6.352E-10	2.456E-10	1.059E-11
5	4	EY	Max	8.652E-12	2.884E-11	1.153E-20
5	7	EY	Max	8.652E-12	2.884E-11	1.143E-20
5	8	EY	Max	8.652E-12	2.884E-11	1.148E-20
5	5	EY	Max	8.652E-12	2.884E-11	1.149E-20

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3****Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	Joint	OutputCase	StepType	V13	V23
				KN/m	KN/m
5	4	DEAD		0.	0.
5	7	DEAD		0.	0.
5	8	DEAD		0.	0.
5	5	DEAD		0.	0.
5	4	LIVE		0.	0.
5	7	LIVE		0.	0.
5	8	LIVE		0.	0.
5	5	LIVE		0.	0.
5	4	VIENTO		0.	0.
5	7	VIENTO		0.	0.
5	8	VIENTO		0.	0.
5	5	VIENTO		0.	0.
5	4	GRANIZO		0.	0.
5	7	GRANIZO		0.	0.
5	8	GRANIZO		0.	0.





**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	Joint	OutputCase	StepType	V13 KN/m	V23 KN/m
5	5	GRANIZO		0.	0.
5	4	EX	Max	6.564E-10	0.
5	7	EX	Max	6.564E-10	0.
5	8	EX	Max	6.564E-10	0.
5	5	EX	Max	6.564E-10	0.
5	4	EY	Max	0.	5.768E-11
5	7	EY	Max	0.	5.768E-11
5	8	EY	Max	0.	5.768E-11
5	5	EY	Max	0.	5.768E-11

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 3****Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	Joint	OutputCase	StepType	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
5	5	4	DEAD		2.99	1.26	-5.992E-15
5	5	7	DEAD		2.99	1.26	2.003E-15
5	5	8	DEAD		2.99	1.26	1.053E-14
5	5	5	DEAD		2.99	1.26	2.908E-15





Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 3

Area	AreaElement	Joint	OutputCase	StepType	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
5	5	4	LIVE		4.52	2.32	3.405E-16
5	5	7	LIVE		4.52	2.32	2.508E-15
5	5	8	LIVE		4.52	2.32	1.631E-14
5	5	5	LIVE		4.52	2.32	1.451E-14
5	5	4	VIENTO		-3.78	-2.4	-454.42
5	5	7	VIENTO		-3.46	-1.31	-454.42
5	5	8	VIENTO		-3.46	-1.31	454.42
5	5	5	VIENTO		-3.78	-2.4	454.42
5	5	4	GRANIZO		-9.05	-4.63	-6.809E-16
5	5	7	GRANIZO		-9.05	-4.63	-5.017E-15
5	5	8	GRANIZO		-9.05	-4.63	-3.261E-14
5	5	5	GRANIZO		-9.05	-4.63	-2.903E-14
5	5	4	EX	Max	1.16	0.82	424.86
5	5	7	EX	Max	1.16	0.82	424.86
5	5	8	EX	Max	1.16	0.82	424.86
5	5	5	EX	Max	1.16	0.82	424.86
5	5	4	EY	Max	4118.69	1235.58	430.53
5	5	7	EY	Max	4118.69	1235.58	430.53
5	5	8	EY	Max	4118.69	1235.58	430.53
5	5	5	EY	Max	4118.69	1235.58	430.53





Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 3

Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 3

Area	AreaElement	Joint	OutputCase	StepType	S11Bot KN/m2	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2
5	5	4	DEAD		-2.99	-1.26	-9.418E-15
5	5	7	DEAD		-2.99	-1.26	-1.581E-15
5	5	8	DEAD		-2.99	-1.26	9.702E-15
5	5	5	DEAD		-2.99	-1.26	1.490E-15
5	5	4	LIVE		-4.52	-2.32	-5.495E-15
5	5	7	LIVE		-4.52	-2.32	-4.786E-15
5	5	8	LIVE		-4.52	-2.32	1.264E-14
5	5	5	LIVE		-4.52	-2.32	1.155E-14
5	5	4	VIENTO		3.46	1.31	-454.42
5	5	7	VIENTO		3.78	2.4	-454.42
5	5	8	VIENTO		3.78	2.4	454.42
5	5	5	VIENTO		3.46	1.31	454.42
5	5	4	GRANIZO		9.05	4.63	1.099E-14
5	5	7	GRANIZO		9.05	4.63	9.571E-15
5	5	8	GRANIZO		9.05	4.63	-2.528E-14
5	5	5	GRANIZO		9.05	4.63	-2.311E-14
5	5	4	EX	Max	0.98	0.43	424.84
5	5	7	EX	Max	0.98	0.43	424.84
5	5	8	EX	Max	0.98	0.43	424.84



**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	OutputCase	StepType	S11Bot KN/m2	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2
5	5	5	EX	Max	0.98	0.43	424.84
5	5	4	EY	Max	4118.71	1235.64	430.53
5	5	7	EY	Max	4118.71	1235.64	430.53
5	5	8	EY	Max	4118.71	1235.64	430.53
5	5	5	EY	Max	4118.71	1235.64	430.53

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 3****Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	OutputCase	StepType	S13Avg KN/m2	S23Avg KN/m2
5	5	4	DEAD		-3.806E-20	-4.807E-20
5	5	7	DEAD		-7.825E-20	5.691E-20
5	5	8	DEAD		-8.570E-20	4.160E-20
5	5	5	DEAD		-9.647E-20	-4.397E-20
5	5	4	LIVE		-6.813E-20	8.066E-20
5	5	7	LIVE		-8.699E-20	-5.604E-20
5	5	8	LIVE		-2.012E-19	3.582E-20
5	5	5	LIVE		-1.921E-19	5.604E-20
5	5	4	VIENTO		6.081E-18	2.215E-18
5	5	7	VIENTO		5.447E-18	-4.270E-19

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	OutputCase	StepType	S13Avg KN/m2	S23Avg KN/m2
5	5	8	VIENTO		6.059E-18	6.292E-20
5	5	5	VIENTO		6.343E-18	2.084E-18
5	5	4	GRANIZO		1.363E-19	-1.613E-19
5	5	7	GRANIZO		1.740E-19	1.121E-19
5	5	8	GRANIZO		4.025E-19	-7.165E-20
5	5	5	GRANIZO		3.841E-19	-1.121E-19
5	5	4	EX	Max	1.094E-05	4.986E-18
5	5	7	EX	Max	1.094E-05	2.604E-18
5	5	8	EX	Max	1.094E-05	3.213E-19
5	5	5	EX	Max	1.094E-05	2.528E-18
5	5	4	EY	Max	4.330E-18	9.614E-07
5	5	7	EY	Max	4.247E-18	9.614E-07
5	5	8	EY	Max	4.682E-18	9.614E-07
5	5	5	EY	Max	4.503E-18	9.614E-07

## 11. Material take-off

This section provides a material take-off.



**Table 32: Material List 2 - By Section Property**

**Table 32: Material List 2 - By Section Property**

Section	Object Type	Num Pieces	Total Length m	Total Weight KN
PTC 4"x3mm Panel	Frame	7	7.	0.501
	Area			9.237E-03

## 12. Design preferences

This section provides the design preferences for each type of design, which typically include material reduction factors, framing type, stress ratio limit, deflection limits, and other code specific items.

### 12.1. Steel design

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4**

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4**

TH Design	Frame Type	PatLLF	SRatio Limit	MaxIter	SDC	SeisCode	SeisLoad	ImpFactor
Envelopes	SMF	0.75	0.95	1	D	Yes	Yes	1.

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4**

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4**

System Rho	System Sds	System R	System Cd	Omega0	Provision	AMethod	SOMethod	SRMethod
1.	0.5	1.5	5.5	3.	LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau-b Fixed



Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4

Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4

NLCoeff	PhiB	PhiC	PhiTY	PhiTF	PhiV	PhiVRol ledl	PhiVT	PlugWel d
0.002	0.9	0.9	0.9	0.75	0.9	1.	0.9	Yes

Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4

Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4

HSSWel ding	HSSRed uceT	CheckD efl	DLRat	SDLAnd LLRat	LLRat	TotalRa t	NetRat
ERW	No	No	120.	120.	360.	240.	240.

## 12.2. Concrete design

Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 1 of 2

Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 1 of 2

THDesi gn	NumCur ves	NumPoi nts	MinEcc en	PatLLF	UFLimit	SeisCat	Rho	Sds
Envelop es	24	11	Yes	0.75	0.95	D	1.	0.5

**Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 2 of 2**

**Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 2 of 2**

PhiT	PhiCTied	PhiCSpiral	PhiV	PhiVSeismic	PhiVJoint
0.9	0.65	0.75	0.75	0.6	0.85

### 12.3. Aluminum design

**Table 35: Preferences - Aluminum Design - AA-ASD 2000**

**Table 35: Preferences - Aluminum Design - AA-ASD 2000**

FrameType	SRatioLimit	LatFact	UseLatFact
Moment Frame	1.	1.33333	No
		3	

### 12.4. Cold formed design

**Table 36: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96**

**Table 36: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96**

FrameType	SRatioLimit	OmegasBS	OmegasBUS	OmegasBLTB	OmegasVS	OmegasVNS	OmegasT	OmegasC
Braced Frame	1.	1.67	1.67	1.67	1.67	1.5	1.67	1.8





### 13. Design overwrites

This section provides the design overwrites for each type of design, which are assigned to individual members of the structure.

#### 13.1. Steel design

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 7**

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 7**

Frame	DesignSect	FrameType	Fy KN/m2	RLLF	AreaRatio	XLMajor
1	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
2	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
3	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
4	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
5	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
6	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
7	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 7**

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 7**

Frame	XLMinor	XLLTB	K1Major	K1Minor	K2Major	K2Minor	KLTB
1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 7**

Frame	XLMinor	XLLTB	K1Major	K1Minor	K2Major	K2Minor	KLTB
5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 7****Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 7**

Frame	CmMajor	CmMinor	Cb	B1Major	B1Minor	B2Major	B2Minor
1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 7****Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 7**

Frame	HSSReduceT	HSSWelding	Omega0	Ry	Pnc	Pnt	Mn3
					KN	KN	KN-m
1	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.	0.
2	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.	0.





**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 7**

Frame	HSSRed uceT	HSSWel ding	Omega0	Ry	Pnc KN	Pnt KN	Mn3 KN-m
3	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.
4	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.
5	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.
6	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.
7	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 5 of 7**

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 5 of 7**

Frame	Mn2 KN-m	Vn2 KN	Vn3 KN	CheckD efl	DeflType	DLRat	SDLAnd LLRat
1	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.
2	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.
3	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.
4	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 5 of 7**

Frame	Mn2 KN-m	Vn2 KN	Vn3 KN	CheckDefl	DeflType	DLRat	SDLAndLLRat
5	0.	0.	0.	Program Determined	Program Determined	0.	0.
6	0.	0.	0.	Program Determined	Program Determined	0.	0.
7	0.	0.	0.	Program Determined	Program Determined	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 6 of 7****Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 6 of 7**

Frame	LLRat	TotalRat	NetRat	DLAbs m	SDLAndLLAbs m	LLAbs m	TotalAbs m
1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 7 of 7****Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 7 of 7**

Frame	NetAbs m	SpecCa mber m	DCLimit
1	0.	0.	0.



**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC  
360-16, Part 7 of 7**

Frame	NetAbs m	SpecCa mber m	DCLimit
2	0.	0.	0.
3	0.	0.	0.
4	0.	0.	0.
5	0.	0.	0.
6	0.	0.	0.
7	0.	0.	0.

## 14. Design summary

This section provides the design summary for each type of design, which highlights the controlling demand/capacity ratio and it's associated combination and location in each member.

### 14.1. Steel design

**Table 38: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 1 of 2**

**Table 38: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 1 of 2**

Frame	DesignSect	DesignT ype	Status	Ratio	RatioType
1	PTC 4"x3mm	Column	No Messages	0.16081 3	PMM
2	PTC 4"x3mm	Beam	No Messages	0.09643 9	PMM
3	PTC 4"x3mm	Beam	No Messages	0.02738 3	PMM
4	PTC 4"x3mm	Beam	No Messages	0.02738 3	PMM
5	PTC 4"x3mm	Beam	No Messages	0.09643 4	PMM



Table 38: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 1 of 2

Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType
6	PTC 4"x3mm	Beam	No Messages	0.02738 3	PMM
7	PTC 4"x3mm	Beam	No Messages	0.02738 3	PMM

Table 38: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 2 of 2

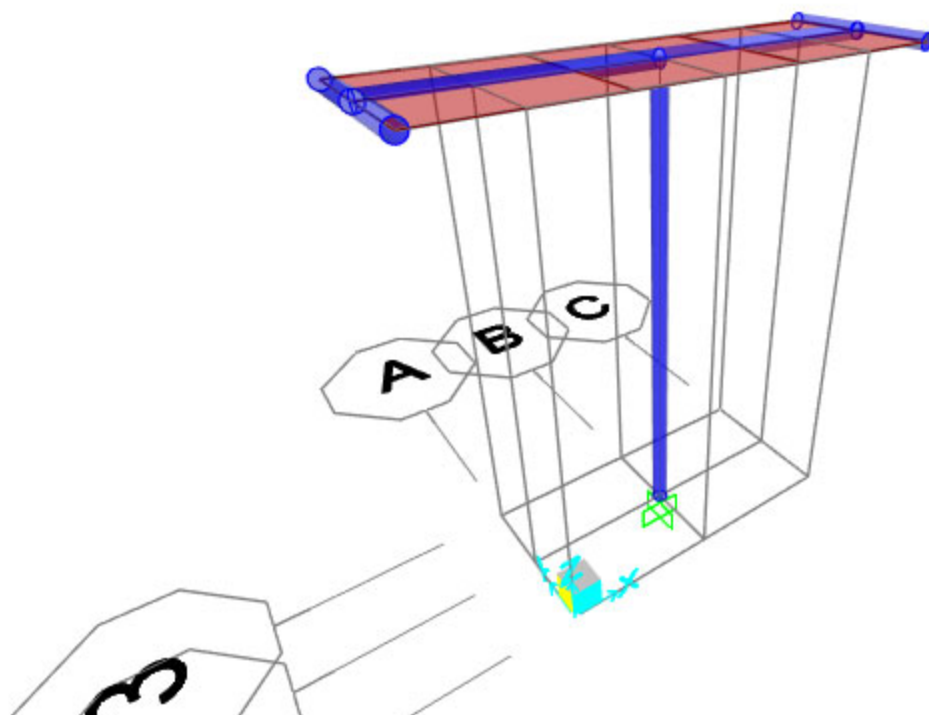
Table 38: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 2 of 2

Frame	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
1	DSTL11	0.	No Messages	No Messages
2	DSTL6	0.	No Messages	No Messages
3	DSTL6	0.	No Messages	No Messages
4	DSTL6	0.	No Messages	No Messages
5	DSTL6	0.	No Messages	No Messages
6	DSTL6	0.	No Messages	No Messages
7	DSTL6	0.5	No Messages	No Messages

## 7. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA TIPO 2 (3 PANELES)

La estructura que se quiere diseñar consta de una columna en estructura metálica, perfil tubular circular de 4" y 3 mm de espesor de acero de material ACERO ASTM A36, en cuya cima se encuentran tres paneles solares, los cuales tienen un peso de 121 N/m<sup>2</sup>. El sistema tendrá una altura de 3 metros sobre el nivel del suelo. Dicha estructura estará sobre un pedestal de concreto de 1 metro de profundidad. Dicho sistema de soporte será prefabricado, sin embargo, mediante el presente estudio se hará un análisis de su diseño estructural para confirmar su buen desempeño estructural. El poste principal esta soldado al marco de soporte de los paneles solares mediante soldadura. El marco de soporte superior será de perfiles tubulares de 4" y 3 mm de espesor y material ASTM A36. El poste principal se encuentra soldado a la platina base mediante soldadura, la cual tienen las dimensiones 200x200x10 mm y también será de acero ASTM A36, la cual se encuentra anclada al pedestal de concreto mediante un perno de anclaje pre instalado de 1/2 pulgada de acero ASTM A36 a una profundidad de 30 cm. La calidad de soldadura a utilizar será Electrodo ACP 611 Ss 1/8 pulgada, aproximadamente 0,5 kg por sistema de soporte.

Vista Lateral



## CARGAS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Peso propio paneles	121 N/m <sup>2</sup>				
Sobrecarga de uso	No está prevista ni para mantenimiento				
Normativa de viento	29 m/s	Periodo retorno	10 años	Altura máxima	5 m
V <sub>b,0 max</sub>	III. Áreas con recubrimiento regular de vegetación o edificios u obstáculos aislados con separación máxima de 20 veces la altura del obstáculo (por ejemplo, pueblos, terreno suburbano, bosques)				
Categoría del terreno					
Nieve	-				
Carga de Nieve	100 N/m <sup>2</sup>				





## 7.1 PRE-DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL.

La estructura debido a su disposición se decide dotar de cargas sísmicas, cargas vivas, muertas, de muros, además de su peso propio, que se llama DEAD, en el reporte de SAP2000.

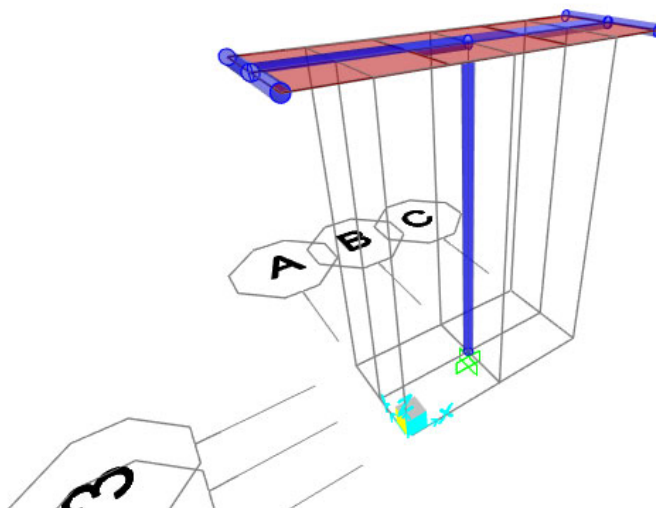
Se recibe por parte del cliente una ficha técnica que muestra los requerimientos y cargas mínimas a tener en cuenta en el diseño.

CARGAS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
Peso propio paneles	121 N/m <sup>2</sup>				
Sobrecarga de uso	No está prevista ni para mantenimiento				
Normativa de viento	29 m/s	Periodo retorno	10 años	Altura máxima	5 m
$V_{b,0,mean}$	III. Áreas con recubrimiento regular de vegetación o edificios u obstáculos aislados con separación máxima de 20 veces la altura del obstáculo (por ejemplo, pueblos, terreno suburbano, bosques)				
Categoría del terreno					
Nieve	-				
Carga de Nieve	100 N/m <sup>2</sup>				

## EVALUACION DE LAS SOLICITACIONES DEFINITIVAS.

Diseño de edificaciones nuevas	Intervención de edificaciones existentes
<b>Paso 2 — Evaluación de las solicitudes definitivas</b>	
Con las dimensiones de los elementos de la estructura definidas como resultado del paso 1, se evalúan todas las solicitudes que pueden afectar la edificación de acuerdo con los requisitos del Título B del Reglamento. Estas incluyen: el efecto gravitacional de la masa de los elementos estructurales, o peso propio, las cargas de acabados y elementos no estructurales, las cargas muertas, las fuerzas de viento, las deformaciones impuestas por efectos reológicos de los materiales estructurales y asentamientos del suelo que da apoyo a la fundación. Así mismo se debe determinar la masa de la edificación y su contenido cuando así lo exige el Reglamento, la cual será empleada en la determinación de los efectos sísmicos, de acuerdo con los pasos siguientes.	Se debe realizar la etapa 4 de A.10.1.4 donde, entre otros aspectos, se debe determinar una información real análoga a la exigida para edificaciones nuevas, pero con base en la edificación existente de acuerdo con lo indicado en A.10.4.2.6.





## 7.2 CALCULO DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA.

### 8.2.1 CARGA MUERTA.

Paneles solares: 12.5

Kg/m<sup>2</sup>

#### 8.2.1.1 CARGA VIVA.

La ficha técnica no solicita tener en cuenta carga viva, sin embargo, se tendrá en cuenta 50 kg/m<sup>2</sup>. Carga viva: 50 Kg/m<sup>2</sup> (Por criterio de diseño)

**NOTA:** Cargas como el peso propio de los elementos estructurales como los son columnas de concreto, son tenidos en cuenta automáticamente por el programa SAP2000 y se identifica con el tipo de carga Dead.

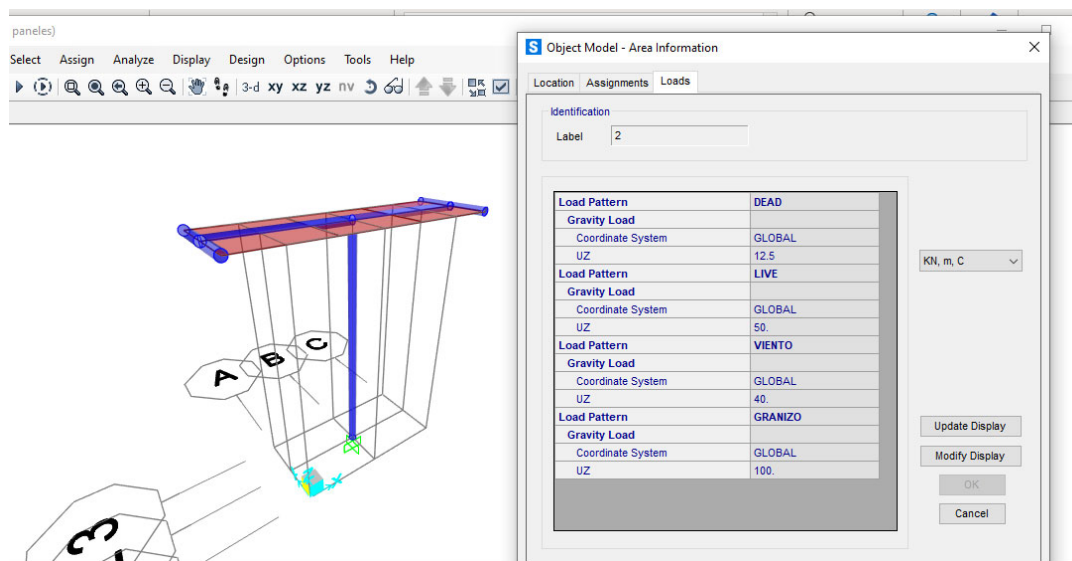
#### 8.2.1.2 CARGA VIENTO

Carga viento: 40 Kg/m<sup>2</sup> (Carga mínima de viento exigida por la NSR-10 B.6.1.3.2.



### 8.2.1.3 CARGA GRANIZO

Carga Granizo: 100 Kg/m<sup>2</sup> (Exigida por la ficha técnica del producto paneles solares prefabricadas).





### 7.3 OBTENCION DEL NIVEL DE AMENAZA SISMICA Y LOS VALORES Aa Y Av.

Paso 3 — Obtención del nivel de amenaza sísmica y los valores de $A_a$ y $A_v$	
Este paso consiste en localizar el lugar donde se construirá la edificación dentro de los mapas de zonificación sísmica dados en el Capítulo A.2 del Reglamento y en determinar el nivel de amenaza sísmica del lugar, de acuerdo con los valores de los parámetros $A_a$ y $A_v$ obtenidos en los mapas de zonificación sísmica del Capítulo A.2. El nivel de amenaza sísmica se clasificará como alta, intermedia o baja. En el Apéndice A-4 se presenta una enumeración de los municipios colombianos, con su definición de la zona de amenaza sísmica, y los valores de los parámetros $A_a$ y $A_v$ , entre otros.	Dentro del alcance de la etapa 4 de A.10.4.1, para las edificaciones existentes los movimientos sísmicos de diseño se determinan de igual forma que para edificaciones nuevas, con la excepción de las edificaciones a las cuales el Reglamento les permite acogerse al uso de movimientos sísmicos para el nivel de seguridad limitada para rehabilitación sísmica. Para el uso de movimientos sísmicos para el nivel de seguridad limitada debe consultarse A.10.9.2.5, el cual solo aplica a edificaciones declaradas como patrimonio histórico y bajo las condiciones impuestas allí. En este caso se permite el uso de $A_c$ , en vez de los valores de $A_a$ y $A_v$ tal como se indica en A.10.3.

### CARACTERIZACIÓN SÍSMICA.

Esta estructura está ubicada en los departamentos de Caquetá, Guainía, Guaviare, y Putumayo, que corresponde a una zona de amenaza sísmica intermedia, para lo cual con esta ubicación geográfica y el estudio de suelos se determinará cuál es la aceleración pico efectiva según la NSR-10.

Perfil de suelo: Suelo **Tipo E**.



Para este nivel de amenaza y la ubicación de la edificación tenemos que  $A_a$  y  $A_v$  son 0.20 y 0.20 respectivamente.



### 7.4 MOVIMIENTOS SISMICOS DE DISEÑO.

El perfil de suelo supuesto se clasificó como perfil de suelo tipo E.

Deben definirse unos movimientos sísmicos en el lugar de la edificación, de acuerdo con el Capítulo A.2 del Reglamento de Edificación, cubiertas por A.1.2.3.3, con el Reglamento, tomando en cuenta:

- (a) La amenaza sísmica para el lugar, expresada a través de la aceleración horizontal pico efectiva  $A_v$  o  $A_d$ , según sea el caso, de acuerdo con el paso 3, expresada a través de la aceleración horizontal pico efectiva  $A_a$ , según sea el caso.
- (b) Las características de la subyacente en el lugar de sitio  $F_a$  y  $F_v$ , y
- (c) La importancia de la edificación de la comunidad con respecto a un sismo a través de un factor de importancia  $I$ .

Las características de los movimientos sísmicos se expresan por medio de los coeficientes de diseño. El Reglamento contempla dos métodos para el diseño de sismo de diseño, ya sea por medio de acelerogramas, o bien por medio de estudios de microzonificación sísmica, los cuales deben determinarse siguiendo los requisitos dados en el Capítulo A.2.

**Tabla A.2.4-3**  
Valores del coeficiente  $F_a$ , para la zona de periodos cortos del espectro

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

Nota: Para el perfil tipo F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

**Tabla A.2.4-4**  
Valores del coeficiente  $F_v$ , para la zona de periodos intermedios del espectro

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

Nota: Para el perfil tipo F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

De las tablas anteriores tenemos que

**F<sub>a</sub>=1.7**  
**F<sub>v</sub>=3.2**

El factor de importancia se determina mediante la siguiente tabla.

Tabla A.2.5-1  
Valores del coeficiente de importancia, I

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

Según lo expuesto en el título A. 2, estructuras de uso residencial hacen parte del Grupo de uso I; por lo que su factor de importancia es 1.00.

## 7.5 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURACION Y DEL MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO.

## 7.6 GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA Y PROCEDIMIENTO DE ANALISIS.

<b>Paso 6 — Grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis</b>	
Definición del procedimiento de análisis sísmico de la estructura de acuerdo con la regularidad o irregularidad de la configuración de la edificación, tanto en planta como en alzado, su grado de redundancia o de ausencia de ella en el sistema estructural de resistencia sísmica, su altura, las características del suelo en el lugar, y el nivel de amenaza sísmica, siguiendo los preceptos dados en el Capítulo A.3 de este Reglamento.	Se aplican los mismos principios que para edificaciones nuevas.

## 7.7 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS SÍSMICO

Para esta edificación se usa el método de análisis dinámico elástico espectral siguiendo el procedimiento que se muestra a continuación.



#### A.5.4 — ANÁLISIS DINÁMICO ELÁSTICO ESPECTRAL

A.5.4.1 — METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS — Deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos, cuando se utilice el método de análisis dinámico elástico espectral:

- (a) **Obtención de los modos de vibración** — Los modos de vibración deben obtenerse utilizando metodologías establecidas de dinámica estructural. Deben utilizarse todos los modos de vibración de la estructura que contribuyan de una manera significativa a la respuesta dinámica de la misma, cumpliendo los requisitos de A.5.4.2.
- (b) **Respuesta espectral modal** — La respuesta máxima de cada modo se obtiene utilizando las ordenadas del espectro de diseño definido en A.5.3.2, para el período de vibración propio del modo.
- (c) **Respuesta total** — Las respuestas máximas modales, incluyendo las de deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos, se combinan de una manera estadística para obtener la respuesta total de la estructura a los movimientos sísmicos de diseño. Deben cumplirse los requisitos de A.5.4.4 en la combinación estadística de las respuestas modales máximas.
- (d) **Ajuste de los resultados** — Si los resultados de la respuesta total son menores que los valores mínimos prescritos en A.5.4.5, los resultados totales del análisis dinámico deben ser ajustados como se indica allí. El ajuste debe cubrir todos los resultados del análisis dinámico, incluyendo las deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos.
- (e) **Evaluación de las derivas** — Se debe verificar que las derivas totales obtenidas, debidamente ajustadas de acuerdo con los requisitos de A.5.4.5, no excedan los límites establecidos en el Capítulo A.6.
- (f) **Fuerzas de diseño en los elementos** — Las fuerzas sísmicas internas totales de los elementos,  $F_s$ , debidamente ajustadas de acuerdo con los requisitos de A.5.4.5, se dividen por el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía,  $R$ , del sistema de resistencia sísmica, modificado de acuerdo con la irregularidad y la ausencia de redundancia según los requisitos de A.3.3.3, para obtener las fuerzas sísmicas reducidas de diseño,  $E$ , y se combinan con las otras cargas prescritas por este Reglamento, de acuerdo con el Título B.
- (g) **Diseño de los elementos estructurales** — Los elementos estructurales se diseñan y detallan siguiendo los requisitos propios del grado de capacidad de disipación de energía correspondiente del material, de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.3.

Este método tiene la ventaja de tener en cuenta todos los modos de vibración de la estructura, siendo más preciso en sus resultados y diferenciando las cortantes basales para cada dirección de la estructura, según su disposición geométrica y de masas.

### 7.8 GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA.

No se tendrá en cuenta irregularidades, debido a que es una estructura especial.

### 7.9 COEFICIENTE DE DISIPACION DE ENERGIA BASICO (R).

El coeficiente de disipación de energía para los sistemas de pórticos resistentes a momentos se puede definir según la siguiente tabla, y dado que la edificación será construida en una zona de amenaza sísmica intermedia, se tiene un factor de disipación de energía  **$R_o=1.5$** .



f. De acero con perfiles de lámina doblada en frío y perfiles tubulares estructurales PTE que no cumplen los requisitos de F.2.2.4 para perfiles no esbeltos (nota 6)	el mismo	1.5	1.5	no se permite (nota 5)	no se permite (nota 5)	si	Sin límite
---	----------	-----	-----	------------------------	------------------------	----	------------

Por lo que la fuerza sísmica en las combinaciones de carga se debe

tomar como sigue:  $E=(1/R) *(1*S_x \text{ y } 0.3*S_y)$

## 7.10 DETERMINACION DE LAS FUERZAS SISMICAS.

<i>Paso 7 — Determinación de las fuerzas sísmicas</i>	
Obtención de las fuerzas sísmicas, $F_s$ , que deben aplicarse a la estructura para lo cual deben usarse los movimientos sísmicos de diseño definidos en el paso 4.	Dentro del alcance de la etapa 4 de A.10.4.1, para las edificaciones existentes se determinan unas sollicitaciones equivalentes a las de edificaciones nuevas, pero ajustadas a las propiedades de la estructura existente. Véase A.10.4.2.

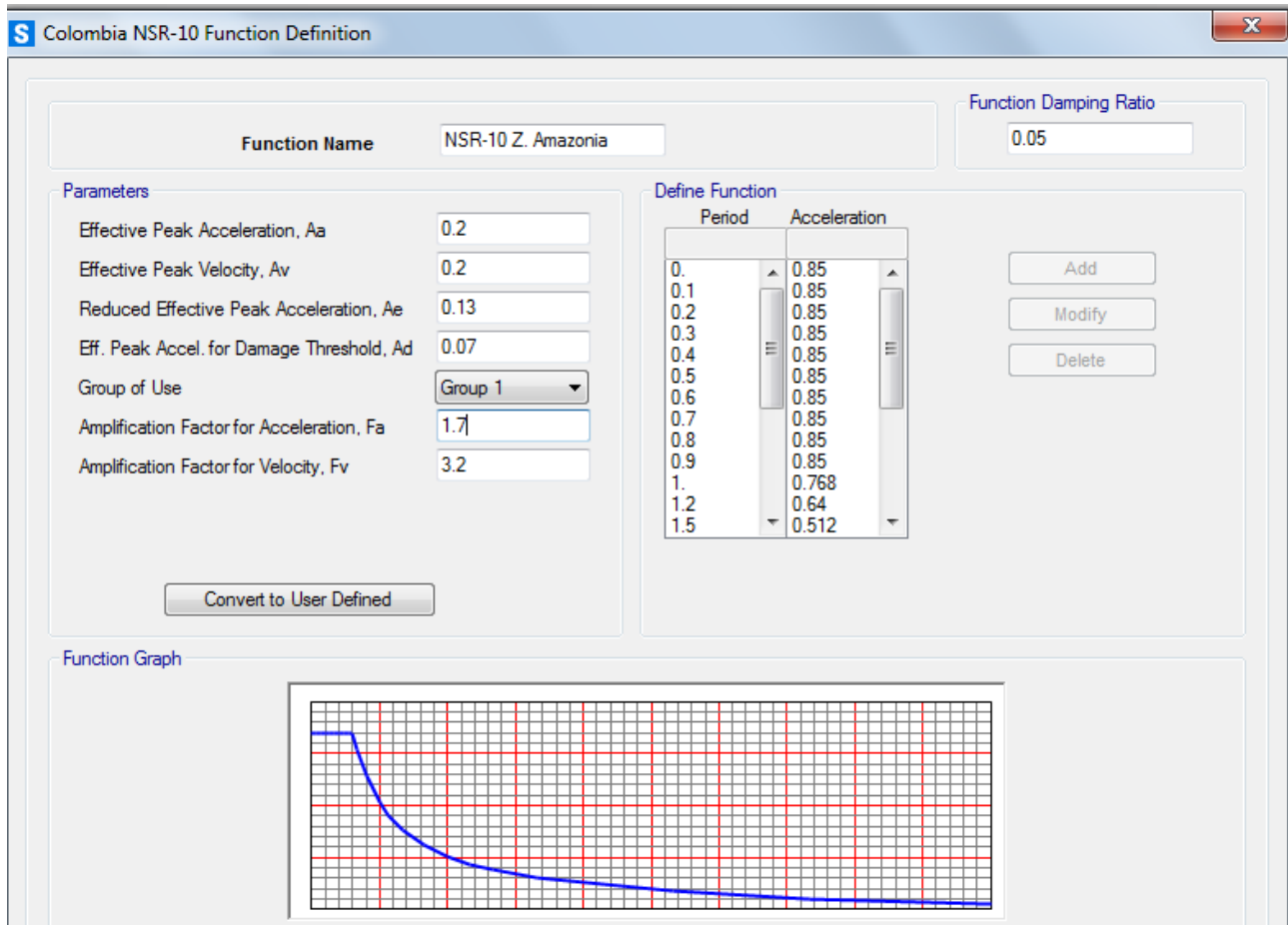
Ahora la fuerza sísmica que se pide en este caso se debe hacer mediante el espectro de diseño para cada modo como se muestra continuación:

<b>ANALISIS SISMICO NSR-10- ESPECTRO DE ELASTICO DE ACELERACIONES DE DISEÑO</b>	
<b>CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGIA MINIMA REQUERIDA</b>	<b>D M O</b>
<b>Uso de la Estructura = I</b>	<b>1.0</b>
<b>Perfil del Suelo S =</b>	<b>E</b>
<b>Coefficiente de amplificación del suelo para periodos cortos (Fa):</b>	<b>1.7 0</b>
<b>Coefficiente de amplificación del suelo para periodos intermedios (Fv):</b>	<b>3.2 0</b>
<b>Aceleración pico esperada Aa =</b>	<b>0.2 0</b>



<b>Velocidad horizontal pico efectiva (Av):</b>	0.2 0
---	----------

## 7.11 ESPECTRO DE ACELERACIONES DE DISEÑO



En el presente espectro se usa el 5% del amortiguamiento, como lo exige la NSR-10 en A.2.6.1



## A.2.6 — ESPECTRO DE DISEÑO

**A.2.6.1 — Espectro de aceleraciones** — La forma del espectro elástico de aceleraciones,  $S_a$  expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente de cinco por ciento (5%) del amortiguamiento crítico, que se debe utilizar en el diseño, se da en la figura A.2.6-1 y se define por medio de la ecuación A.2.6-1, con las limitaciones dadas en A.2.6.1.1 a A.2.6.1.3.





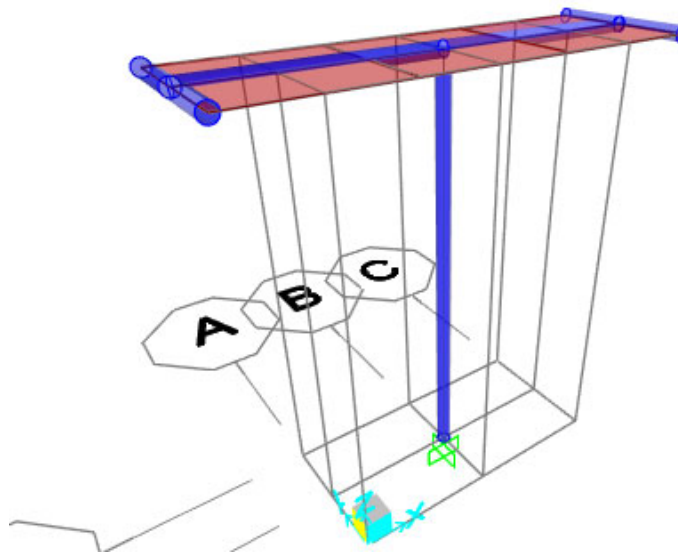
## 7.12 ALISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA

<b>Paso 8 — Análisis sísmico de la estructura</b>	
El análisis sísmico de la estructura se lleva a cabo aplicando los movimientos sísmicos de diseño prescritos, a un modelo matemático apropiado de la estructura, tal como se define en el Capítulo A.3. Este análisis se realiza para los movimientos sísmicos de diseño sin ser divididos por el coeficiente de capacidad de disipación de energía, $R$ , y debe hacerse por el método que se haya definido en el paso 6. Deben determinarse los desplazamientos máximos que imponen los movimientos sísmicos de diseño a la estructura y las fuerzas internas que se derivan de ellos.	Se debe cumplir lo indicado en la etapa 5 de A.10.1.4.

Ahora tenemos toda la información necesaria para realizar el análisis estructural y hallar las derivas de la estructura además de los esfuerzos de diseño en la estructura.

Este análisis se realizará mediante el programa SAP2000 y lo ejecutaremos siguiendo los pasos mostrados a continuación.

## 7.13 GEOMETRÍA DE LA MODELACIÓN.



## Vista Tridimensional

Se asignan las propiedades calculadas anteriormente a la modelación realizada para seguir con la verificación de las derivas y diseño de la estructural.



## 7.14 COMBINACION DE LAS DIFERENTES SOLICITACIONES.

Paso 11 — Combinación de las diferentes solicitaciones	
Las diferentes solicitaciones que deben ser tenidas en cuenta, se combinan para obtener las fuerzas internas de diseño de la estructura, de acuerdo con los requisitos del Capítulo B.2 del Reglamento, por el método de diseño propio de cada material estructural. En cada una de las combinaciones de carga requeridas, las solicitaciones se multiplican por el coeficiente de carga prescrito para esa combinación en el Capítulo B.2 del Reglamento. En los efectos causados por el sismo de diseño se tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, lo cual se logra empleando unos efectos sísmicos reducidos de diseño, $E$ , obtenidos dividiendo las fuerzas sísmicas $F_s$ , determinadas en el paso 7, por el coeficiente de capacidad de disipación de energía $R$ ( $E = F_s/R$ ). El coeficiente de capacidad de disipación de energía, $R$ , es función de: (a) El sistema de resistencia sísmica de acuerdo con la clasificación dada en el Capítulo A.3. (b) Del grado de irregularidad de la edificación, (c) Del grado de redundancia o de ausencia de ella en el sistema estructural de resistencia sísmica, y (d) De los requisitos de diseño y detallado de cada material, para el grado de capacidad de disipación de energía correspondiente ( <i>DMI</i> , <i>DMO</i> , o <i>DES</i> ), tal como se especifica en el Capítulo A.3.	Se debe cumplir lo indicado en las etapas 6 a 8 de A.10.1.4.

Ahora procedemos a asignar las combinaciones de carga especificadas por la norma NSR-10, para el método de resistencia.

**B.2.4.2 — COMBINACIONES BÁSICAS** — El diseño de las estructuras, sus componentes y cimentaciones debe hacerse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas en las siguientes combinaciones:

$$1.4(D+F) \quad (B.2.4-1)$$

$$1.2(D+F+T)+1.6(L+H)+0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.4-2)$$

$$1.2D+1.6(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e)+(L \text{ ó } 0.8W) \quad (B.2.4-3)$$

$$1.2D+1.6W+1.0L+0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.4-4)$$

$$1.2D+1.0E+1.0L \quad (B.2.4-5)$$

$$0.9D+1.6W+1.6H \quad (B.2.4-6)$$

$$0.9D+1.0E+1.6H \quad (B.2.4-7)$$

**B.2.4.2.1** — Las fuerzas sísmicas reducidas de diseño,  $E$ , utilizadas en las combinaciones B.2.4-5 y B.2.4-7 corresponden al efecto, expresado en términos de fuerza,  $F_s$ , de los movimientos sísmicos de diseño prescritos en el Título A, divididos por  $R$  ( $E = F_s/R$ ). Cuando se trata de diseñar los miembros, el valor del

Ahora es posible presentar los esfuerzos existentes en la estructura por estas combinaciones de diseño.

## 7.15 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.





Las cargas utilizadas para el diseño fueron las de FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE, ya que fueron las que mayor carga dieron sobre los elementos.

<b>Paso 12 — Diseño de los elementos estructurales</b>	
Se lleva a cabo de acuerdo con los requisitos propios del sistema de resistencia sísmica y del material estructural utilizado. Los elementos estructurales deben diseñarse y detallarse de acuerdo con los requisitos propios del grado de capacidad de disipación de energía mínimo (DMI) moderado (DMO), o especial (DES) prescrito en el Capítulo A.3, según les corresponda, lo cual le permitirá a la estructura responder, ante la ocurrencia de un sismo, en el rango inelástico de respuesta y cumplir con los objetivos de las normas sísmo resistentes. El diseño de los elementos estructurales debe realizarse para los valores más desfavorables obtenidos de las combinaciones obtenidas en el paso 11, tal como prescribe el Título B de este Reglamento.	Se debe cumplir lo indicado en las etapas 8, 11 y 12 de A.10.1.4 donde se indica como interpretar la resistencia efectiva de la edificación a la luz de las solicitaciones equivalentes y como se define la resistencia a proveer para reducir la vulnerabilidad de la edificación, cuando es vulnerable, para diseñar la intervención de la edificación.

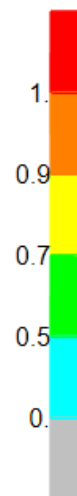
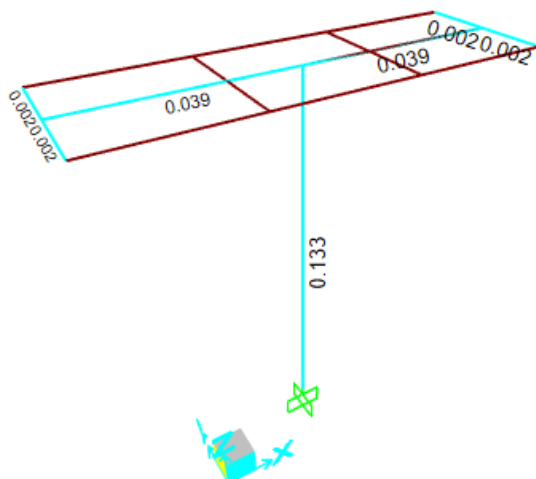


## PERFILES TUBULARES CIRCULARES

Mediante el programa de Diseño SAP 2000 y las cargas actuantes aplicadas, se realiza el diseño a flexo compresión de los perfiles metálicos, donde se puede verificar que el coeficiente de sobre resistencia es menor a 1, lo que quiere decir que la sección es suficiente para soportar las cargas actuantes.

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16

Frame	DesignSect	DesignType	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
1	PTC 4"x3mm	Column	0.132892	PMM	DSTL11
2	PTC 4"x3mm	Beam	0.038935	PMM	DSTL10
5	PTC 4"x3mm	Beam	0.038935	PMM	DSTL10
8	PTC 4"x3mm	Beam	0.001994	PMM	DSTL10
9	PTC 4"x3mm	Beam	0.001994	PMM	DSTL10
10	PTC 4"x3mm	Beam	0.001994	PMM	DSTL10
11	PTC 4"x3mm	Beam	0.001994	PMM	DSTL10





<b>DISEÑO DE PEDESTAL</b>	
<b>B (cm)=</b>	<b>30</b>
<b>C(cm) =</b>	<b>30</b>
<b>Cuántia Mínima de acero según NSR-10 C.15.8.2.1</b>	<b>0.005</b>
<b>Area de acero (cm2)=</b>	<b>4.5</b>
<b>Area #4 (cm2)=</b>	<b>1.27</b>
<b>Cantidad de barras #4=</b>	<b>4</b>



## 7.16 DOSEÑO DE CONEXIÓN EN LA BASE

CORTE EN LOS TORNILLOS DE LA CONEXIÓN EN LA BASE 3 PANELES			
ASTM-A36			
250	Mpa		
	Carga última (Viento + sismo)	$P_u =$	0.87 kN
	Factor de resistencia para el estado límite de rotura por corte en los tornillos	$\phi =$	0.75
$P_n = F_{nv} A_v$	Resistencia de diseño	$\phi P_n$	
	$d_b =$	12.7 mm	
	$A_b =$	126.7 mm <sup>2</sup>	
	$n_b =$	4	
	$n_{\text{planos de corte}} =$	1	
	$A_v =$	126.7	
	$(\phi_t P_n)_b =$	23.8 kN	
		5.3 kips	
	$\phi_t P_n (kn) =$	95	Cumple

La carga  $P_u$  se calcula como la carga lateral proveniente de carga de viento y la mayor carga de sismo entre  $E_x$  y  $E_y$ . En este caso, la carga de viento lateral es 0.48 kN y la mayor carga de sismo es  $E_y$  que es de 0.39 kN, por lo tanto la suma de :  $0.48 + 0.39 = \underline{0.87 \text{ KN.}}$

S Joint Reactions							
File View Edit Format-Filter-Sort Select Options							
Units: As Noted							Joint Reactions
Filter:							
	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN
	1	DEAD	LinStatic		1.102E-17	-2.538E-19	0.567
	1	VIENTO	LinStatic		-0.484	2.835E-16	-0.019
	1	EX	LinRespSpec	Max	0.314	7.156E-16	7.036E-15
	1	EY	LinRespSpec	Max	4.256E-16	0.392	4.955E-16

## 7.17 CHEQUEO POR ESTABILIDAD Y VOLCAMIENTO

Del análisis estructural realizado se sacan las cargas de viento, sismo, y el peso de la estructura para realizar el análisis de estabilidad y volcamiento. El factor de seguridad de volcamiento debe ser mayor a 2 en el caso de sismo.

Dimensiones de la zapata		Dimensiones del pedestal	
Ancho	0.55 m	Ancho	0.3 m
Alto	0.55 m	Alto	0.3 m
Profund	0.3 m	Profun	0.8 m
Peso Concreto	24 KN/m <sup>3</sup>		
Cargas verticales		Suposiciones suelo	
Peso propio de la zapata	2.178 KN	Peso unitario seco	18 KN/m <sup>3</sup>
Pesp propio del pedestal	1.728 KN	Peso unitario sat	20 KN/m <sup>3</sup>
Peso suelo	1.98 KN		
Peso estructura	0.567 KN		
<b>Total (P)</b>	<b>6.453 KN</b>		
Cargas Horizontales			
F viento	0.484 KN		
F sismo	0.392 KN		
Momento (M)	1.452 KN-m		
Exentricidad	0.225 m	<b>La exentricidad surge de M/P</b>	
Verificar Volcamiento			
Momento actuante	1.452 Kn-m		
Momento resistente	3.226575 Kn-m		
FS	2.22 ok	<b>* Se cumple Factor de Seguridad volcamiento Para sismo mayor a 2</b>	

S Joint Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN
1	DEAD	LinStatic		1.102E-17	-2.538E-19	0.567
1	VIENTO	LinStatic		-0.484	2.835E-16	-0.019
1	EX	LinRespSpec	Max	0.314	7.156E-16	7.036E-15
1	EY	LinRespSpec	Max	4.256E-16	0.392	4.955E-16

S Joint Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN
1	DEAD	LinStatic		1.102E-17	-2.538E-19	0.567
1	VIENTO	LinStatic		-0.484	2.835E-16	-0.019
1	EX	LinRespSpec	Max	0.314	7.156E-16	7.036E-15
1	EY	LinRespSpec	Max	4.256E-16	0.392	4.955E-16

## 7.18 DATOS DE ENTRADA DEL MODELO ESTRUCTURAL

A continuación, se presentan los resultados del modelo de simulación de las características de la estructura para soportar los paneles solares. Resultados obtenidos tras la utilización del programa SAP 2000.



### SAP2000 Analysis Report

**Model Name: V.2 (3 paneles).sdb**

12 agosto 2021



## Contents

<a href="#">1. Model geometry</a>	157
<a href="#">1.1. Joint coordinates</a>	158
<a href="#">1.2. Joint restraints</a>	159
<a href="#">1.3. Element connectivity</a>	160
<a href="#">2. Material properties</a>	162
<a href="#">3. Section properties</a>	164
<a href="#">3.1. Frames</a>	165
<a href="#">3.2. Areas</a>	167
<a href="#">3.3. Solids</a>	169
<a href="#">4. Load patterns</a>	169
<a href="#">4.1. Definitions</a>	169
<a href="#">4.2. Auto wind loading</a>	170
<a href="#">5. Load cases</a>	170
<a href="#">5.1. Definitions</a>	170
<a href="#">5.2. Static case load assignments</a>	173
<a href="#">5.3. Response spectrum case load assignments</a>	173
<a href="#">6. Load combinations</a>	178
<a href="#">7. Structure results</a>	186
<a href="#">7.1. Mass summary</a>	186
<a href="#">7.2. Modal results</a>	188
<a href="#">7.3. Base reactions</a>	191
<a href="#">8. Joint results</a>	195
<a href="#">9. Frame results</a>	226
<a href="#">10. Area results</a>	282
<a href="#">11. Material take-off</a>	376
<a href="#">12. Design preferences</a>	377
<a href="#">12.1. Steel design</a>	377
<a href="#">12.2. Concrete design</a>	378
<a href="#">12.3. Aluminum design</a>	378
<a href="#">12.4. Cold formed design</a>	379
<a href="#">13. Design overwrites</a>	380
<a href="#">13.1. Steel design</a>	380

## List of Figures

<a href="#">Figure 1: Finite element model</a>	157
<a href="#">Figure 2: Deformed shape</a>	186

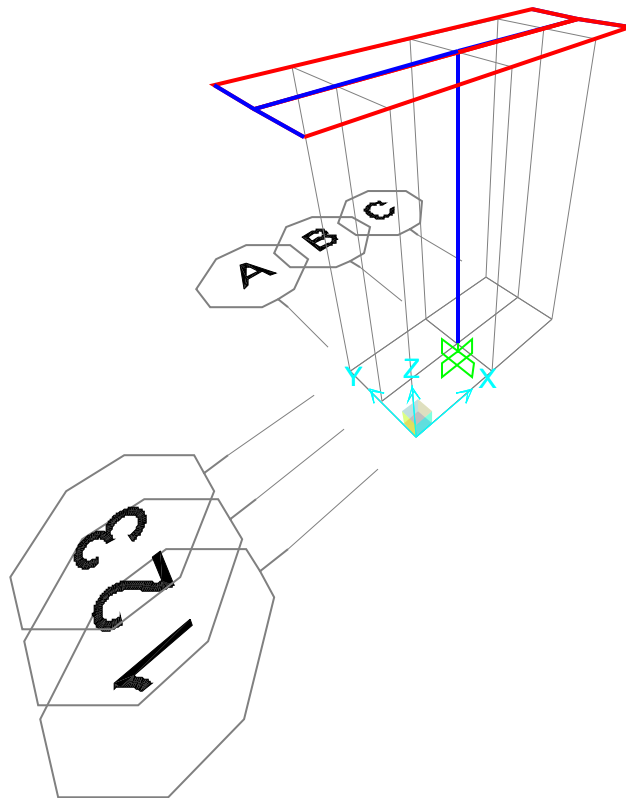
## List of Tables

<a href="#">Table 1: Joint Coordinates, Part 1 of 2</a>	158
<a href="#">Table 1: Joint Coordinates, Part 2 of 2</a>	158
<a href="#">Table 2: Joint Restraint Assignments</a>	159
<a href="#">Table 3: Connectivity - Frame, Part 1 of 2</a>	160
<a href="#">Table 3: Connectivity - Frame, Part 2 of 2</a>	160
<a href="#">Table 4: Frame Section Assignments</a>	161
<a href="#">Table 5: Connectivity - Area, Part 1 of 2</a>	162
<a href="#">Table 5: Connectivity - Area, Part 2 of 2</a>	162
<a href="#">Table 6: Area Section Assignments</a>	162
<a href="#">Table 7: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties</a>	163
<a href="#">Table 8: Material Properties 03a - Steel Data, Part 1 of 2</a>	163
<a href="#">Table 8: Material Properties 03a - Steel Data, Part 2 of 2</a>	163
<a href="#">Table 9: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 2</a>	164
<a href="#">Table 9: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 2</a>	164
<a href="#">Table 10: Material Properties 03f - Tendon Data</a>	164
<a href="#">Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 6</a>	165
<a href="#">Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 6</a>	165
<a href="#">Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 6</a>	165
<a href="#">Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 6</a>	166
<a href="#">Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 5 of 6</a>	166
<a href="#">Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 6 of 6</a>	166
<a href="#">Table 12: Frame Property Modifiers, Part 1 of 2</a>	166
<a href="#">Table 12: Frame Property Modifiers, Part 2 of 2</a>	167
<a href="#">Table 13: Area Section Properties, Part 1 of 4</a>	168
<a href="#">Table 13: Area Section Properties, Part 2 of 4</a>	168
<a href="#">Table 13: Area Section Properties, Part 3 of 4</a>	168
<a href="#">Table 13: Area Section Properties, Part 4 of 4</a>	168
<a href="#">Table 14: Solid Property Definitions, Part 1 of 2</a>	169
<a href="#">Table 14: Solid Property Definitions, Part 2 of 2</a>	169
<a href="#">Table 15: Load Pattern Definitions</a>	169
<a href="#">Table 16: Auto Wind - API 4F 2013</a>	170
<a href="#">Table 17: Load Case Definitions, Part 1 of 3</a>	171
<a href="#">Table 17: Load Case Definitions, Part 2 of 3</a>	171
<a href="#">Table 17: Load Case Definitions, Part 3 of 3</a>	172
<a href="#">Table 18: Case - Static 1 - Load Assignments</a>	173
<a href="#">Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 1 of 2</a>	173
<a href="#">Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 2 of 2</a>	174
<a href="#">Table 20: Case - Response Spectrum 2 - Load Assignments</a>	174
<a href="#">Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 1 of 2</a>	174
<a href="#">Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 2 of 2</a>	176
<a href="#">Table 22: Function - Response Spectrum - User</a>	48
<a href="#">Table 23: Combination Definitions, Part 1 of 3</a>	178
<a href="#">Table 23: Combination Definitions, Part 2 of 3</a>	181

<a href="#">Table 23: Combination Definitions, Part 3 of 3</a>	182
<a href="#">Table 24: Assembled Joint Masses, Part 1 of 2</a>	186
<a href="#">Table 24: Assembled Joint Masses, Part 2 of 2</a>	187
<a href="#">Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 1 of 3</a>	188
<a href="#">Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 2 of 3</a>	189
<a href="#">Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 3 of 3</a>	190
<a href="#">Table 26: Base Reactions, Part 1 of 3</a>	191
<a href="#">Table 26: Base Reactions, Part 2 of 3</a>	192
<a href="#">Table 26: Base Reactions, Part 3 of 3</a>	194
<a href="#">Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2</a>	195
<a href="#">Table 27: Joint Displacements, Part 2 of 2</a>	211
<a href="#">Table 28: Joint Reactions, Part 1 of 2</a>	223
<a href="#">Table 28: Joint Reactions, Part 2 of 2</a>	61
<a href="#">Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2</a>	226
<a href="#">Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2</a>	256
<a href="#">Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3</a>	114
<a href="#">Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3</a>	115
<a href="#">Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3</a>	117
<a href="#">Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4</a>	318
<a href="#">Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4</a>	337
<a href="#">Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4</a>	350
<a href="#">Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 4 of 4</a>	363
<a href="#">Table 32: Material List 2 - By Section Property</a>	376
<a href="#">Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4</a>	377
<a href="#">Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4</a>	377
<a href="#">Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4</a>	377
<a href="#">Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4</a>	378
<a href="#">Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 1 of 2</a>	378
<a href="#">Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 2 of 2</a>	378
<a href="#">Table 35: Preferences - Aluminum Design - AA-ASD 2000</a>	125
<a href="#">Table 36: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96, Part 1 of 2</a>	379
<a href="#">Table 36: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96, Part 2 of 2</a>	379
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 7</a>	380
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 7</a>	380
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 7</a>	381
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 7</a>	381
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 5 of 7</a>	382
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 6 of 7</a>	383
<a href="#">Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 7 of 7</a>	384

## 1. Model geometry

This section provides model geometry information, including items such as joint coordinates, joint restraints, and element connectivity.



**Figure 1: Finite element model**



### 1.1. Joint coordinates

**Table 1: Joint Coordinates, Part 1 of 2**

**Table 1: Joint Coordinates, Part 1 of 2**

Joint	CoordSys	CoordType	XorR	Y	Z	Special Jt	GlobalX
			m	m	m		m
1	GLOBAL	Cartesian	1.	0.5	0.	No	1.
2	GLOBAL	Cartesian	1.	0.5	3.	No	1.
11	GLOBAL	Cartesian	2.5	0.5	3.	No	2.5
12	GLOBAL	Cartesian	2.5	0.	3.	No	2.5
13	GLOBAL	Cartesian	2.5	1.	3.	No	2.5
14	GLOBAL	Cartesian	-0.5	0.5	3.	No	-0.5
15	GLOBAL	Cartesian	-0.5	0.	3.	No	-0.5
16	GLOBAL	Cartesian	-0.5	1.	3.	No	-0.5

**Table 1: Joint Coordinates, Part 2 of 2**

**Table 1: Joint Coordinates, Part 2 of 2**

Joint	GlobalY	GlobalZ	GUID
	m	m	
1	0.5	0.	b767891f-3bf8-480f-a983-13f82cca0e60
2	0.5	3.	5a5ffb1a-4639-4e7b-b79d-0dc6671a4107

**Table 1: Joint Coordinates, Part 2 of 2**

Joint	GlobalY m	GlobalZ m	GUID
11	0.5	3.	a7bdfdc3-4a43-42bc-b771-b05722e1ace2
12	0.	3.	fae15d51-7faa-45a3-adc7-cd3d80ef278c
13	1.	3.	0c17213e-903e-42f3-85bf-2be6e0012f40
14	0.5	3.	a6dc9d18-660d-42f4-b9c9-5abe18a70db3
15	0.	3.	ff2ea1cc-f10b-4909-9ba1-ad0f7d2db9b2
16	1.	3.	9ae6f91a-8e47-4189-a783-d58db21e32cc

## 1.2. Joint restraints

**Table 2: Joint Restraint Assignments**

**Table 2: Joint Restraint Assignments**

Joint	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

### 1.3. Element connectivity

**Table 3: Connectivity - Frame, Part 1 of 2**

**Table 3: Connectivity - Frame, Part 1 of 2**

Frame	JointI	JointJ	IsCurved	Length m	CentroidX m	CentroidY m	CentroidZ m
1	1	2	No	3.	1.	0.5	1.5
2	2	14	No	1.5	0.25	0.5	3.
5	2	11	No	1.5	1.75	0.5	3.
8	11	12	No	0.5	2.5	0.25	3.
9	13	11	No	0.5	2.5	0.75	3.
10	14	15	No	0.5	-0.5	0.25	3.
11	14	16	No	0.5	-0.5	0.75	3.

**Table 3: Connectivity - Frame, Part 2 of 2**

**Table 3: Connectivity - Frame,  
Part 2 of 2**

Frame	GUID
1	1dca1876-b30d-497c-bc88-02c2c92a152f
2	a2150b2e-b7cf-41ea-a65f-f8fb1e02c810
5	adefbb9f-9ecf-48d1-864a-98d829d337e0
8	d75418b8-8f3d-44cc-83a8-23b2d21a26d2

**Table 3: Connectivity - Frame,  
Part 2 of 2**

Frame	GUID
9	c01c592f-0c75-49a6-a317-2cbd3a6b91a6
10	0242f739-4696-416a-8a7e-e0f84e5b66db
11	91121cf3-dbf8-4ec1-9cf4-7dc57b35a99f

**Table 4: Frame Section Assignments**

**Table 4: Frame Section Assignments**

Frame	SectionType	AutoSelect	AnalSect	DesignSect	MatProp
1	Pipe	N.A.	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	Default
2	Pipe	N.A.	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	Default
5	Pipe	N.A.	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	Default
8	Pipe	N.A.	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	Default
9	Pipe	N.A.	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	Default
10	Pipe	N.A.	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	Default
11	Pipe	N.A.	PTC 4"x3mm	PTC 4"x3mm	Default

**Table 5: Connectivity - Area, Part 1 of 2**

**Table 5: Connectivity - Area, Part 1 of 2**

Area	NumJoints	Joint1	Joint2	Joint3	Joint4	Perimeter m	AreaArea m2
1	4	14	11	13	16	7.	1.5
2	4	15	12	11	14	7.	1.5

**Table 5: Connectivity - Area, Part 2 of 2**

**Table 5: Connectivity - Area, Part 2 of 2**

Area	Volume m3	CentroidX m	CentroidY m	CentroidZ m	GUID
1	0.000015	1.	0.75	3.	bfe381f6-22c9-4fab-b30e-cc2ba0fd0eee
2	0.000015	1.	0.25	3.	3fbf5c09-a81d-4067-91e0-3bda61ca888b

**Table 6: Area Section Assignments**

**Table 6: Area Section Assignments**

Area	Section	MatProp
1	Panel	Default
2	Panel	Default

## 2. Material properties

This section provides material property information for materials used in the model.

**Table 7: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties**

**Table 7: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties**

Material	UnitWeight KN/m3	UnitMass KN-s2/m4	E1 KN/m2	G12 KN/m2	U12	A1 1/C
4000Psi	2.3563E+01	2.4028E+00	2485557 8.06	1035649 0.86	0.2	9.9000E-06
A36	7.6973E+01	7.8490E+00	1999479 78.8	7690306 8.77	0.3	1.1700E-05
A416Gr 270	7.6973E+01	7.8490E+00	1965005 99.9			1.1700E-05

**Table 8: Material Properties 03a - Steel Data, Part 1 of 2**

**Table 8: Material Properties 03a - Steel Data, Part 1 of 2**

Material	Fy KN/m2	Fu KN/m2	EffFy KN/m2	EffFu KN/m2	SSCurveOpt	SSHysType	SHard	SMax
A36	248211.28	399895.96	372316.93	439885.55	Simple	Kinematic	0.02	0.14

**Table 8: Material Properties 03a - Steel Data, Part 2 of 2**

**Table 8: Material Properties 03a - Steel Data, Part 2 of 2**

Material	SRup	FinalSlope	CoupledType
A36	0.2	-0.1	Von Mises

**Table 9: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 2**

**Table 9: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 2**

Material	Fc KN/m2	eFc KN/m2	LtWtCo nc	SSCurv eOpt	SSHysT ype	SFc	SCap	FinalSlo pe
4000Psi	27579.0 3	27579.0 3	No	Mander	Takeda	0.00221 9	0.005	-0.1

**Table 9: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 2**

**Table 9: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 2**

Material	FAngle Degrees	DAngle Degrees	CoupM odType
4000Psi	0.	0.	Modified Darwin- Pecknol d

**Table 10: Material Properties 03f - Tendon Data**

**Table 10: Material Properties 03f - Tendon Data**

Material	Fy KN/m2	Fu KN/m2	SSCurv eOpt	SSHysT ype	FinalSlo pe	CoupM odType
A416Gr 270	1689905 .16	1861584 .63	270 ksi	Kinemati c	-0.1	Von Mises

### 3. Section properties

This section provides section property information for objects used in the model.

### 3.1. Frames

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 6**

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 6**

SectionName	Material	Shape	t3	tw	Area	TorsCo nst
			m	m	m2	m4
PTC 4"x3mm	A36	Pipe	0.1016	0.003	0.00092 9	2.261E- 06

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 6**

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 6**

SectionName	I33	I22	I23	AS2	AS3	S33	S22
	m4	m4	m4	m2	m2	m3	m3
PTC 4"x3mm	1.130E- 06	1.130E- 06	0.	0.00046 5	0.00046 5	0.00002 2	0.00002 2

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 6**

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 6**

SectionName	Z33	Z22	R33	R22	ConcCo l	ConcBe am	Color
	m3	m3	m	m			
PTC 4"x3mm	0.00002 9	0.00002 9	0.03487 6	0.03487 6	No	No	Blue



**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 6**

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 6**

SectionName	TotalWt KN	TotalMass KN-s2/m	FromFile	AMod	A2Mod	A3Mod	JMod
PTC 4"x3mm	0.572	5.835E-02	No	1.	1.	1.	1.

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 5 of 6**

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 5 of 6**

SectionName	I2Mod	I3Mod	MMod	WMod	GUID
PTC 4"x3mm	1.	1.	1.	1.	

**Table 11: Frame Section Properties 01 - General, Part 6 of 6**

**Table 11: Frame Section Properties  
01 - General, Part 6 of 6**

SectionName	Notes
PTC 4"x3mm	Added 13/12/2020 04:51:58 p.m.

**Table 12: Frame Property Modifiers, Part 1 of 2**

**Table 12: Frame Property Modifiers, Part 1 of 2**

Frame	AMod	AS2Mod	AS3Mod	JMod	I22Mod	I33Mod	MassMod
1	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
2	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
5	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.

**Table 12: Frame Property Modifiers, Part 1 of 2**

Frame	AMod	AS2Mod	AS3Mod	JMod	I22Mod	I33Mod	MassMod
8	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
9	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
10	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
11	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.

**Table 12: Frame Property Modifiers, Part 2 of 2**

**Table 12: Frame Property Modifiers, Part 2 of 2**

Frame	Weight Mod	EAModifier	EIModifier
1	1.	0.8	0.8
2	1.	0.8	0.8
5	1.	0.8	0.8
8	1.	0.8	0.8
9	1.	0.8	0.8
10	1.	0.8	0.8
11	1.	0.8	0.8

### 3.2. Areas

**Table 13: Area Section Properties, Part 1 of 4**

**Table 13: Area Section Properties, Part 1 of 4**

Section	Material	MatAngle Degrees	AreaType	Type	DrillIDOF	Thickness m	BendThickness m	Arc Degrees
Panel	A36	0.	Shell	Membrane	Yes	0.00001	0.00001	

**Table 13: Area Section Properties, Part 2 of 4**

**Table 13: Area Section Properties, Part 2 of 4**

Section	InComp	CoordSys	Color	TotalWt KN	TotalMass KN-s2/m	F11Mod	F22Mod
Panel			Gray8Dark	2.309E-03	2.355E-04	1.	1.

**Table 13: Area Section Properties, Part 3 of 4**

**Table 13: Area Section Properties, Part 3 of 4**

Section	F12Mod	M11Mod	M22Mod	M12Mod	V13Mod	V23Mod	MMod	WMod
Panel	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.

**Table 13: Area Section Properties, Part 4 of 4**

**Table 13: Area Section Properties, Part 4 of 4**

Section	GUID	Notes
Panel		Added 13/12/2020 05:09:12 p.m.

### 3.3. Solids

**Table 14: Solid Property Definitions, Part 1 of 2**

**Table 14: Solid Property Definitions, Part 1 of 2**

SolidProp	Material	MatAngeA Degrees	MatAngeB Degrees	MatAngeC Degrees	InComp	Color
Solid1	4000Psi	0.	0.	0.	Yes	Yellow

**Table 14: Solid Property Definitions, Part 2 of 2**

**Table 14: Solid Property Definitions, Part 2 of 2**

SolidProp	GUID	Notes	TotalWt KN	TotalMass KN-s2/m
Solid1			0.	0.

## 4. Load patterns

This section provides loading information as applied to the model.

### 4.1. Definitions

**Table 15: Load Pattern Definitions**

**Table 15: Load Pattern Definitions**

LoadPat	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad	GUID	Notes
DEAD	Dead	1.		0b0068cd-fdfd-42e5-9c63-18ca5815686d	

**Table 15: Load Pattern Definitions**

LoadPat	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad	GUID	Notes
LIVE	Live	0.		a418b88b-1153-4dce-9994-accd98dfc234	Added 13/12/2020 05:19:59 p.m.
VIENTO	Wind	0.	API4F 2013	9194de17-9355-4664-be87-0e517db405a0	Added 13/12/2020 05:20:07 p.m.
GRANIZO	Snow	0.		37102ac5-6a69-4b2f-a18e-66a37d9355ce	Added 13/12/2020 05:20:34 p.m.

#### 4.2. Auto wind loading

**Table 16: Auto Wind - API 4F 2013**

**Table 16: Auto Wind - API 4F 2013**

LoadPat	ExposeFrom	Angle	UserZ	WindVel	SSLMult	ShieldFact
		Degrees				
VIENTO	Frames	0.	No	93.	1.	0.85

### 5. Load cases

This section provides load case information.

#### 5.1. Definitions

**Table 17: Load Case Definitions, Part 1 of 3**

**Table 17: Load Case Definitions, Part 1 of 3**

Case	Type	InitialCo nd	ModalC ase	BaseCa se	MassSo urce	DesTyp eOpt	DesignT ype
DEAD	LinStatic	Zero				Prog Det	Dead
MODAL	LinModal	Zero				Prog Det	Other
LIVE	LinStatic	Zero				Prog Det	Live
VIENTO	LinStatic	Zero				Prog Det	Wind
GRANIZ O	LinStatic	Zero				Prog Det	Snow
EX	LinRespSpec		MODAL			Prog Det	Quake
EY	LinRespSpec		MODAL			Prog Det	Quake

**Table 17: Load Case Definitions, Part 2 of 3**

**Table 17: Load Case Definitions, Part 2 of 3**

Case	DesAct Opt	Design Act	AutoTy pe	RunCas e	CaseSta tus	GUID
DEAD	Prog Det	Non- Composi te	None	Yes	Finished	78278e1a-5bd8- 485e-b782- 5e4a96dcfe1e
MODAL	Prog Det	Other	None	Yes	Finished	d811488f-6b88- 480e-8247- 8f361062b5a7
LIVE	Prog Det	Short- Term Composi te	None	Yes	Finished	11ed717e-6650- 4e44-8211- 99885016a438
VIENTO	Prog Det	Short- Term Composi te	None	Yes	Finished	bdf558b-1a04- 45d7-ac0a- bcecb6417fe5

**Table 17: Load Case Definitions, Part 2 of 3**

Case	DesAct Opt	Design Act	AutoType	RunCase	CaseStatus	GUID
GRANIZO	Prog Det	Short-Term Composite	None	Yes	Finished	03b57de5-59ec-480a-97e4-e87bb3281c19
EX	Prog Det	Short-Term Composite	None	Yes	Finished	1ea23d38-5a8a-422b-8d5a-bb0efb2b824f
EY	Prog Det	Short-Term Composite	None	Yes	Finished	1ea23d38-5a8a-422b-8d5a-bb0efb2b824f

**Table 17: Load Case Definitions, Part 3 of 3**

**Table 17: Load Case Definitions, Part 3 of 3**

Case	Notes
DEAD	
MODAL	
LIVE	
VIENTO	
GRANIZO	
EX	
EY	

## 5.2. Static case load assignments

**Table 18: Case - Static 1 - Load Assignments**

**Table 18: Case - Static 1 - Load Assignments**

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
DEAD	Load pattern	DEAD	1.
LIVE	Load pattern	LIVE	1.
VIENTO	Load pattern	VIENTO	1.
GRANIZO	Load pattern	GRANIZO	1.

## 5.3. Response spectrum case load assignments

**Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 1 of 2**

**Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 1 of 2**

Case	ModalCombo	GMCf1 Cyc/sec	GMCf2 Cyc/sec	PerRigid	DirCombo	MotionType	DampingType
EX	CQC	1.0000E+00	0.0000E+00	SRSS	SRSS	Acceleration	Constant
EY	CQC	1.0000E+00	0.0000E+00	SRSS	SRSS	Acceleration	Constant



**Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 2 of 2**

**Table 19: Case - Response Spectrum 1 - General, Part 2 of 2**

Case	ConstD amp	EccenR atio	NumOv erride
EX	0.05	0.	0
EY	0.05	0.	0

**Table 20: Case - Response Spectrum 2 - Load Assignments**

**Table 20: Case - Response Spectrum 2 - Load Assignments**

Case	LoadTy pe	LoadName	CoordSys	Function	Angle Degrees	TransA ccSF m/sec2
EX	Accelera tion	U1	GLOBAL	NSR-10 Z. Amazonia	0.	9.81
EY	Accelera tion	U2	GLOBAL	NSR-10 Z. Amazonia	0.	9.81

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 1 of 2**

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 1 of 2**

Name	Period Sec	Accel	FuncDa mp	Aa	Av	Ae	Ad
NSR-10 Z. Amazonia	0.	0.85	0.05	0.2	0.2	0.13	0.07
NSR-10 Z. Amazonia	0.1	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.2	0.85					

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 1 of 2**

Name	Period Sec	Accel	FuncDa mp	Aa	Av	Ae	Ad
NSR-10 Z. Amazonia	0.3	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.4	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.5	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.6	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.7	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.8	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	0.9	0.85					
NSR-10 Z. Amazonia	1.	0.768					
NSR-10 Z. Amazonia	1.2	0.64					
NSR-10 Z. Amazonia	1.5	0.512					
NSR-10 Z. Amazonia	1.7	0.45176	5				
NSR-10 Z. Amazonia	2.	0.384					
NSR-10 Z. Amazonia	2.5	0.3072					
NSR-10 Z. Amazonia	3.	0.256					
NSR-10 Z. Amazonia	3.5	0.21942	9				
NSR-10 Z. Amazonia	4.	0.192					

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 1 of 2**

Name	Period Sec	Accel	FuncDamp	Aa	Av	Ae	Ad
NSR-10 Z. Amazonia	5.	0.1536					
NSR-10 Z. Amazonia	8.	0.09216					
NSR-10 Z. Amazonia	11.	0.04874	6				
NSR-10 Z. Amazonia	15.	0.02621	4				

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 2 of 2**

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia NSR-10, Part 2 of 2**

Name	Period Sec	GroupUse	Fa	Fv
NSR-10 Z. Amazonia	0.	Group 1	1.7	3.2
NSR-10 Z. Amazonia	0.1			
NSR-10 Z. Amazonia	0.2			
NSR-10 Z. Amazonia	0.3			
NSR-10 Z. Amazonia	0.4			
NSR-10 Z. Amazonia	0.5			
NSR-10 Z. Amazonia	0.6			

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia  
NSR-10, Part 2 of 2**

Name	Period Sec	GroupU se	Fa	Fv
NSR-10 Z. Amazonia	0.7			
NSR-10 Z. Amazonia	0.8			
NSR-10 Z. Amazonia	0.9			
NSR-10 Z. Amazonia	1.			
NSR-10 Z. Amazonia	1.2			
NSR-10 Z. Amazonia	1.5			
NSR-10 Z. Amazonia	1.7			
NSR-10 Z. Amazonia	2.			
NSR-10 Z. Amazonia	2.5			
NSR-10 Z. Amazonia	3.			
NSR-10 Z. Amazonia	3.5			
NSR-10 Z. Amazonia	4.			
NSR-10 Z. Amazonia	5.			
NSR-10 Z. Amazonia	8.			
NSR-10 Z. Amazonia	11.			

**Table 21: Function - Response Spectrum - Colombia  
NSR-10, Part 2 of 2**

Name	Period Sec	GroupU se	Fa	Fv
NSR-10 Z. Amazonia	15.			

**Table 22: Function - Response Spectrum - User  
Table 22: Function - Response Spectrum -  
User**

Name	Period Sec	Accel	FuncDa mp
UNIFRS	0.	1.	0.05
UNIFRS	1.	1.	

## 6. Load combinations

This section provides load combination information.

**Table 23: Combination Definitions, Part 1 of 3**

**Table 23: Combination Definitions, Part 1 of 3**

ComboName	Combo Type	AutoDe sign	CaseType	CaseName	ScaleFa ctor	SteelDesign ctor
CARGAS SERV.	Linear Add	No	Linear Static	LIVE	1.	None
CARGAS SERV.			Linear Static	VIENTO	1.	
CARGAS SERV.			Linear Static	GRANIZO	1.	

**Table 23: Combination Definitions, Part 1 of 3**

ComboName	Combo Type	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
CARGAS SERV.			Linear Static	DEAD	1.	
DSTL1	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.4	Strength
DSTL2	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.2	Strength
DSTL2			Linear Static	LIVE	1.6	
DSTL2			Linear Static	GRANIZO	0.5	
DSTL3	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.2	Strength
DSTL3			Linear Static	LIVE	1.	
DSTL3			Linear Static	GRANIZO	1.6	
DSTL4	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.2	Strength
DSTL4			Linear Static	LIVE	1.	
DSTL4			Linear Static	GRANIZO	0.5	
DSTL4			Linear Static	VIENTO	1.	
DSTL5	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.2	Strength
DSTL5			Linear Static	LIVE	1.	
DSTL5			Linear Static	GRANIZO	0.5	
DSTL5			Linear Static	VIENTO	-1.	
DSTL6	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.2	Strength
DSTL6			Linear Static	GRANIZO	1.6	
DSTL6			Linear Static	VIENTO	0.5	
DSTL7	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.2	Strength
DSTL7			Linear Static	GRANIZO	1.6	
DSTL7			Linear Static	VIENTO	-0.5	

**Table 23: Combination Definitions, Part 1 of 3**

ComboName	Combo Type	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
DSTL8	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.9	Strength
DSTL8			Linear Static	VIENTO	1.	
DSTL9	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.9	Strength
DSTL9			Linear Static	VIENTO	-1.	
DSTL10	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
DSTL10			Linear Static	LIVE	1.	
DSTL10			Linear Static	GRANIZO	0.2	
DSTL10			Response Spectrum	EX	1.	
DSTL11	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
DSTL11			Linear Static	LIVE	1.	
DSTL11			Linear Static	GRANIZO	0.2	
DSTL11			Response Spectrum	EY	1.	
DSTL12	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	Strength
DSTL12			Response Spectrum	EX	1.	
DSTL13	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	Strength
DSTL13			Response Spectrum	EY	1.	
DSTL14	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.	Deflection
DSTL15	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.	Deflection
DSTL15			Linear Static	LIVE	1.	

**Table 23: Combination Definitions, Part 2 of 3**

**Table 23: Combination Definitions, Part 2 of 3**

ComboName	CaseName	ConcDesign	AlumDesign	ColdDesign
CARGAS SERV.	LIVE	None	None	None
CARGAS SERV.	VIENTO			
CARGAS SERV.	GRANIZO			
CARGAS SERV.	DEAD			
DSTL1	DEAD	None	None	None
DSTL2	DEAD	None	None	None
DSTL2	LIVE			
DSTL2	GRANIZO			
DSTL3	DEAD	None	None	None
DSTL3	LIVE			
DSTL3	GRANIZO			
DSTL4	DEAD	None	None	None
DSTL4	LIVE			
DSTL4	GRANIZO			
DSTL4	VIENTO			
DSTL5	DEAD	None	None	None
DSTL5	LIVE			
DSTL5	GRANIZO			
DSTL5	VIENTO			
DSTL6	DEAD	None	None	None
DSTL6	GRANIZO			
DSTL6	VIENTO			
DSTL7	DEAD	None	None	None
DSTL7	GRANIZO			



**Table 23: Combination Definitions, Part 2 of 3**

ComboName	CaseName	ConcDesign	AlumDesign	ColdDesign
DSTL7	VIENTO			
DSTL8	DEAD	None	None	None
DSTL8	VIENTO			
DSTL9	DEAD	None	None	None
DSTL9	VIENTO			
DSTL10	DEAD	None	None	None
DSTL10	LIVE			
DSTL10	GRANIZO			
DSTL10	EX			
DSTL11	DEAD	None	None	None
DSTL11	LIVE			
DSTL11	GRANIZO			
DSTL11	EY			
DSTL12	DEAD	None	None	None
DSTL12	EX			
DSTL13	DEAD	None	None	None
DSTL13	EY			
DSTL14	DEAD	None	None	None
DSTL15	DEAD	None	None	None
DSTL15	LIVE			

**Table 23: Combination Definitions, Part 3 of 3**

**Table 23: Combination Definitions, Part 3 of 3**

ComboName	CaseName	GUID	Notes
CARGAS SERV.	LIVE	4231b35b-a9c7- 49b4-a90f- 89bba14f1392	
CARGAS SERV.	VIENTO		

**Table 23: Combination Definitions, Part 3 of 3**

ComboName	CaseName	GUID	Notes
CARGAS SERV.	GRANIZO		
CARGAS SERV.	DEAD		
DSTL1	DEAD	29f1e28a-9bf6-477a-9af9-f158647f6769	Dead Only; Strength
DSTL2	DEAD	e6cd8084-ae69-498b-a2b1-7c51daf82865	Dead + Live + Snow (Partial); Strength
DSTL2	LIVE		
DSTL2	GRANIZO		
DSTL3	DEAD	31de71bc-3915-4ab9-8595-d88594026500	Dead + Live + Snow; Strength
DSTL3	LIVE		
DSTL3	GRANIZO		
DSTL4	DEAD	d6127fd8-9a87-43e7-8abe-7b7480e169d8	
DSTL4	LIVE		
DSTL4	GRANIZO		
DSTL4	VIENTO		
DSTL5	DEAD	93bd4a16-d426-4288-ab40-b37ad9047633	
DSTL5	LIVE		
DSTL5	GRANIZO		
DSTL5	VIENTO		
DSTL6	DEAD	f1d4b63d-66a4-4560-a73b-b636c4812de9	Dead + Snow + Wind; Strength

**Table 23: Combination Definitions, Part 3 of 3**

ComboName	CaseName	GUID	Notes
DSTL6	GRANIZO		
DSTL6	VIENTO		
DSTL7	DEAD	d6f69950-daed-47a4-ae8f-c807174ad59b	Dead + Snow - Wind; Strength
DSTL7	GRANIZO		
DSTL7	VIENTO		
DSTL8	DEAD	28f414e2-abbe-4b8e-bff1-d20c83ec76ab	Dead (min) + Wind; Strength
DSTL8	VIENTO		
DSTL9	DEAD	595f3db2-c410-458d-ba35-fb4cb405ea53	Dead (min) - Wind; Strength
DSTL9	VIENTO		
DSTL10	DEAD	1acb809d-0341-489a-8a70-b2fab25df112	Dead + Live + Response Spectrum; Strength
DSTL10	LIVE		
DSTL10	GRANIZO		
DSTL10	EX		
DSTL11	DEAD	33989afe-5b1f-4a26-855c-d0be15909a9a	Dead + Live + Response Spectrum; Strength
DSTL11	LIVE		
DSTL11	GRANIZO		
DSTL11	EY		
DSTL12	DEAD	352f249d-b20d-4875-93f1-aa73619022bd	Dead (min) + Response Spectrum; Strength
DSTL12	EX		

**Table 23: Combination Definitions, Part 3 of 3**

ComboName	CaseName	GUID	Notes
DSTL13	DEAD	af4b2bae-1c32-4e37-b860-a1dbac61bd1a	Dead (min) + Response Spectrum; Strength
DSTL13	EY		
DSTL14	DEAD	d1a5dd14-2958-473d-9780-2543362b52ba	Dead Only; Deflection
DSTL15	DEAD	9ec4599d-f19b-46f8-956a-124e1c8288d1	Dead + Live + Snow (Partial); Deflection
DSTL15	LIVE		

## 7. Structure results

This section provides structure results, including items such as structural periods and base reactions.

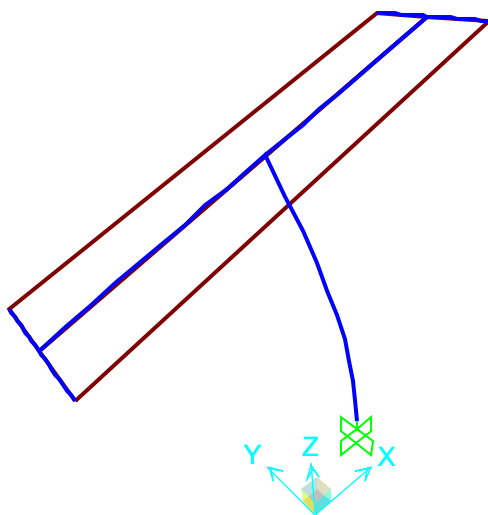


Figure 2: Deformed shape

### 7.1. Mass summary

Table 24: Assembled Joint Masses, Part 1 of 2

Table 24: Assembled Joint Masses, Part 1 of 2

Joint	MassSource	U1	U2	U3	R1	R2	R3	CenterX
		KN-s2/m	KN-s2/m	KN-s2/m	KN-m-s2	KN-m-s2	KN-m-s2	m
1	MSSSR C1	1.094E-02	1.094E-02	1.094E-02	0.	0.	0.	1.
2	MSSSR C1	2.188E-02	2.188E-02	2.188E-02	0.	0.	0.	1.
11	MSSSR C1	9.176E-03	9.176E-03	9.176E-03	0.	0.	0.	2.5
12	MSSSR C1	1.853E-03	1.853E-03	1.853E-03	0.	0.	0.	2.5

**Table 24: Assembled Joint Masses, Part 1 of 2**

Joint	MassSource	U1	U2	U3	R1	R2	R3	CenterX
		KN-s2/m	KN-s2/m	KN-s2/m	KN-m-s2	KN-m-s2	KN-m-s2	m
13	MSSSR C1	1.853E-03	1.853E-03	1.853E-03	0.	0.	0.	2.5
14	MSSSR C1	9.176E-03	9.176E-03	9.176E-03	0.	0.	0.	-0.5
15	MSSSR C1	1.853E-03	1.853E-03	1.853E-03	0.	0.	0.	-0.5
16	MSSSR C1	1.853E-03	1.853E-03	1.853E-03	0.	0.	0.	-0.5
SumAcc eIUX	MSSSR C1	5.859E-02	0.	0.	0.	0.	0.	1.
SumAcc eIUY	MSSSR C1	0.	5.859E-02	0.	0.	0.	0.	1.
SumAcc eIUZ	MSSSR C1	0.	0.	5.859E-02	0.	0.	0.	1.

**Table 24: Assembled Joint Masses, Part 2 of 2**

**Table 24: Assembled Joint Masses,  
Part 2 of 2**

Joint	MassSource	CenterY	CenterZ
		m	m
1	MSSSR C1	0.5	0.
2	MSSSR C1	0.5	3.
11	MSSSR C1	0.5	3.
12	MSSSR C1	0.	3.

**Table 24: Assembled Joint Masses,  
Part 2 of 2**

Joint	MassSource	CenterY m	CenterZ m
13	MSSSR C1	1.	3.
14	MSSSR C1	0.5	3.
15	MSSSR C1	0.	3.
16	MSSSR C1	1.	3.
SumAcc eIUX	MSSSR C1	0.5	2.43976
SumAcc eIUY	MSSSR C1	0.5	2.43976
SumAcc eIUZ	MSSSR C1	0.5	2.43976

## 7.2. Modal results

**Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 1 of 3**

**Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 1 of 3**

Output Case	StepType	StepNum	Period Sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
MODAL	Mode	1.	0.354166	0.72702	0.	0.	0.72702	0.
MODAL	Mode	2.	0.309525	0.	0.99038	0.	0.72702	0.99038
MODAL	Mode	3.	0.208596	0.	0.	0.	0.72702	0.99038

**Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 1 of 3**

Output Case	StepType	StepNumber	Period Sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
MODAL	Mode	4.	0.097576	0.27298	0.	0.	1.	0.99038
MODAL	Mode	5.	0.05667	0.	0.	0.54664	1.	0.99038
MODAL	Mode	6.	0.032284	0.	0.00019	0.	1.	0.99056
MODAL	Mode	7.	0.024821	0.	0.00944	0.	1.	1.
MODAL	Mode	8.	0.018261	0.	0.	0.	1.	1.
MODAL	Mode	9.	0.008133	0.	3.735E-07	0.	1.	1.
MODAL	Mode	10.	0.004774	0.	0.	8.196E-19	1.	1.
MODAL	Mode	11.	0.004265	0.	0.	6.295E-18	1.	1.
MODAL	Mode	12.	0.004162	0.	0.	0.45333	1.	1.

**Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 2 of 3**

**Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 2 of 3**

Output Case	StepType	StepNumber	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY
MODAL	Mode	1.	0.	0.	0.72583	0.	0.	0.72583
MODAL	Mode	2.	0.	0.943	0.	0.	0.943	0.72583
MODAL	Mode	3.	0.	0.	0.	1.	0.943	0.72583
MODAL	Mode	4.	0.	0.	0.27417	0.	0.943	1.
MODAL	Mode	5.	0.54664	0.	0.	0.	0.943	1.
MODAL	Mode	6.	0.54664	0.00493	0.	0.	0.94793	1.
MODAL	Mode	7.	0.54664	0.05207	0.	0.	1.	1.



**Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 2 of 3**

Output Case	StepType	StepNum	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY
MODAL	Mode	8.	0.54664	0.	0.	0.	1.	1.
MODAL	Mode	9.	0.54664	4.740E-07	0.	0.	1.	1.
MODAL	Mode	10.	0.54664	0.	0.	1.755E-06	1.	1.
MODAL	Mode	11.	0.54664	0.	0.	0.	1.	1.
MODAL	Mode	12.	0.99997	0.	0.	0.	1.	1.

**Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 3 of 3**

**Table 25: Modal Participating Mass Ratios, Part 3 of 3**

Output Case	StepType	StepNum	SumRZ
MODAL	Mode	1.	0.
MODAL	Mode	2.	0.
MODAL	Mode	3.	1.
MODAL	Mode	4.	1.
MODAL	Mode	5.	1.
MODAL	Mode	6.	1.
MODAL	Mode	7.	1.
MODAL	Mode	8.	1.
MODAL	Mode	9.	1.
MODAL	Mode	10.	1.
MODAL	Mode	11.	1.
MODAL	Mode	12.	1.

### 7.3. Base reactions

Table 26: Base Reactions, Part 1 of 3

Table 26: Base Reactions, Part 1 of 3

Output Case	CaseType	StepType	GlobalF X KN	GlobalF Y KN	GlobalF Z KN	GlobalM X KN-m	GlobalM Y KN-m	GlobalM Z KN-m
DEAD	LinStatic		1.102E-17	2.538E-19	0.567	0.2728	-0.5457	-3.243E-18
LIVE	LinStatic		-1.621E-18	0.	-0.543	-0.0577	0.1155	8.107E-19
VIENTO	LinStatic		-0.484	2.835E-16	-0.019	-0.0462	-0.923	0.2418
GRANIZO	LinStatic		-3.243E-18	0.	-0.231	-0.1155	0.2309	1.621E-18
EX	LinResp Spec	Max	0.314	7.156E-16	7.036E-15	1.403E-13	1.0703	0.1545
EY	LinResp Spec	Max	4.256E-16	0.392	4.955E-16	1.188	6.573E-13	0.3935
DSTL1	Combination		9.080E-18	0.	0.764	0.382	-0.764	-4.540E-18
DSTL2	Combination		3.567E-18	0.	0.355	0.1773	-0.3546	-1.784E-18
DSTL3	Combination		9.729E-19	0.	0.17	0.0849	-0.1699	-4.864E-19
DSTL4	Combination		-0.484	7.760E-16	0.332	0.1658	-1.3469	0.2418
DSTL5	Combination		0.484	-7.760E-16	0.516	0.2581	0.4991	-0.2418
DSTL6	Combination		-0.242	3.880E-16	0.239	0.1196	-0.7469	0.1209
DSTL7	Combination		0.242	-3.880E-16	0.332	0.1658	0.1762	-0.1209
DSTL8	Combination		-0.484	7.760E-16	0.399	0.1994	-1.4141	0.2418

**Table 26: Base Reactions, Part 1 of 3**

Output Case	CaseType	StepType	GlobalF X KN	GlobalF Y KN	GlobalF Z KN	GlobalM X KN-m	GlobalM Y KN-m	GlobalM Z KN-m
DSTL9	Combination		0.484	-7.760E-16	0.583	0.2917	0.4319	-0.2418
DSTL10	Combination	Max	0.309	5.273E-15	0.548	0.2739	0.5225	0.1545
DSTL10	Combination	Min	-0.309	-5.273E-15	0.548	0.2739	-1.618	-0.1545
DSTL11	Combination	Max	4.080E-15	0.393	0.548	1.4619	-0.5477	0.3935
DSTL11	Combination	Min	-4.068E-15	-0.393	0.548	-0.9142	-0.5477	-0.3935
DSTL12	Combination	Max	0.309	5.273E-15	0.437	0.2183	0.6337	0.1545
DSTL12	Combination	Min	-0.309	-5.273E-15	0.437	0.2183	-1.5068	-0.1545
DSTL13	Combination	Max	4.079E-15	0.393	0.437	1.4063	-0.4365	0.3935
DSTL13	Combination	Min	-4.069E-15	-0.393	0.437	-0.9698	-0.4365	-0.3935
DSTL14	Combination		6.486E-18	0.	0.546	0.2728	-0.5457	-3.243E-18
DSTL15	Combination		4.864E-18	0.	0.43	0.2151	-0.4302	-2.432E-18

**Table 26: Base Reactions, Part 2 of 3**

**Table 26: Base Reactions, Part 2 of 3**

Output Case	StepType	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m	XCentro idFX m	YCentro idFX m	ZCentro idFX m	XCentro idFY m
DEAD		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
LIVE		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 26: Base Reactions, Part 2 of 3**

Output Case	StepType	GlobalX	GlobalY	GlobalZ	XCentro idFX	YCentro idFX	ZCentro idFX	XCentro idFY
		m	m	m	m	m	m	m
VIENTO		0.	0.	0.	1.	0.5	0.	0.
GRANIZ		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
O								
EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
EY	Max	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL1		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL2		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL3		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL4		0.	0.	0.	1.	0.5	0.	0.
DSTL5		0.	0.	0.	1.	0.5	0.	0.
DSTL6		0.	0.	0.	1.	0.5	0.	0.
DSTL7		0.	0.	0.	1.	0.5	0.	0.
DSTL8		0.	0.	0.	1.	0.5	0.	0.
DSTL9		0.	0.	0.	1.	0.5	0.	0.
DSTL10	Max	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL10	Min	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL11	Max	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL11	Min	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL12	Max	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL12	Min	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL13	Max	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL13	Min	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL14		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL15		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 26: Base Reactions, Part 3 of 3**

**Table 26: Base Reactions, Part 3 of 3**

Output Case	StepType	YCentro idFY	ZCentro idFY	XCentro idFZ	YCentro idFZ	ZCentro idFZ
		m	m	m	m	m
DEAD		0.	0.	1.	0.5	0.
LIVE		0.	0.	1.	0.5	0.
VIENTO		0.	0.	1.	0.5	0.
GRANIZO		0.	0.	1.	0.5	0.
EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.
EY	Max	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL1		0.	0.	1.	0.5	0.
DSTL2		0.	0.	1.	0.5	0.
DSTL3		0.	0.	1.	0.5	0.
DSTL4		0.	0.	1.	0.5	0.
DSTL5		0.	0.	1.	0.5	0.
DSTL6		0.	0.	1.	0.5	0.
DSTL7		0.	0.	1.	0.5	0.
DSTL8		0.	0.	1.	0.5	0.
DSTL9		0.	0.	1.	0.5	0.
DSTL10	Max	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL10	Min	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL11	Max	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL11	Min	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL12	Max	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL12	Min	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL13	Max	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL13	Min	0.	0.	0.	0.	0.
DSTL14		0.	0.	1.	0.5	0.
DSTL15		0.	0.	1.	0.5	0.

## 8. Joint results

This section provides joint results, including items such as displacements and reactions.

**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
1	DEAD	LinStatic		0.	0.	0.	0.	0.
1	LIVE	LinStatic		0.	0.	0.	0.	0.
1	VIENTO	LinStatic		0.	0.	0.	0.	0.
1	GRANIZO	LinStatic		0.	0.	0.	0.	0.
1	EX	LinResp Spec	Max	0.	0.	0.	0.	0.
1	EY	LinResp Spec	Max	0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL1	Combination		0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL2	Combination		0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL3	Combination		0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL4	Combination		0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL5	Combination		0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL6	Combination		0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL7	Combination		0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL8	Combination		0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL9	Combination		0.	0.	0.	0.	0.

**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
1	DSTL10	Combination	Max	0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL10	Combination	Min	0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL11	Combination	Max	0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL11	Combination	Min	0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL12	Combination	Max	0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL12	Combination	Min	0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL13	Combination	Max	0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL13	Combination	Min	0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL14	Combination		0.	0.	0.	0.	0.
1	DSTL15	Combination		0.	0.	0.	0.	0.
2	DEAD	LinStatic		3.090E-18	-6.476E-20	-8.848E-06	4.317E-20	2.114E-18
2	LIVE	LinStatic		-2.114E-18	-6.476E-20	2.330E-06	4.317E-20	-1.423E-18
2	VIENTO	LinStatic		0.015071	-3.875E-17	1.864E-06	1.936E-17	0.00722
2	GRANIZO	LinStatic		-4.228E-18	-1.295E-19	4.660E-06	8.635E-20	-2.846E-18
2	EX	LinResp Spec	Max	0.019271	2.607E-16	5.596E-18	1.303E-16	0.01044
2	EY	LinResp Spec	Max	2.645E-16	0.019808	1.325E-17	0.009919	1.426E-16



**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
2	DSTL1	Combination		4.326E-18	-9.067E-20	-	6.044E-20	2.960E-18
2	DSTL2	Combination		-1.789E-18	-2.461E-19	-4.559E-06	1.641E-19	-1.163E-18
2	DSTL3	Combination		-5.172E-18	-3.497E-19	-8.302E-07	2.331E-19	-3.440E-18
2	DSTL4	Combination		0.015071	-3.896E-17	-4.092E-06	1.949E-17	0.00722
2	DSTL5	Combination		-0.015071	3.855E-17	-7.821E-06	-1.922E-17	-0.00722
2	DSTL6	Combination		0.007535	-1.966E-17	-2.228E-06	9.868E-18	0.00361
2	DSTL7	Combination		-0.007535	1.909E-17	-4.092E-06	-9.488E-18	-0.00361
2	DSTL8	Combination		0.015071	-3.881E-17	-6.099E-06	1.939E-17	0.00722
2	DSTL9	Combination		-0.015071	3.870E-17	-9.827E-06	-1.932E-17	-0.00722
2	DSTL10	Combination	Max	0.019271	2.606E-16	-8.240E-06	1.305E-16	0.01044
2	DSTL10	Combination	Min	-0.019271	-2.609E-16	-8.240E-06	-1.302E-16	-0.01044
2	DSTL11	Combination	Max	2.656E-16	0.019808	-8.240E-06	0.009919	1.433E-16
2	DSTL11	Combination	Min	-2.635E-16	-0.019808	-8.240E-06	-0.009919	-1.418E-16





**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
2	DSTL12	Combination	Max	0.019271	2.607E-16	-7.078E-06	1.304E-16	0.01044
2	DSTL12	Combination	Min	-0.019271	-2.608E-16	-7.078E-06	-1.303E-16	-0.01044
2	DSTL13	Combination	Max	2.670E-16	0.019808	-7.078E-06	0.009919	1.443E-16
2	DSTL13	Combination	Min	-2.621E-16	0.019808	-7.078E-06	0.009919	-1.409E-16
2	DSTL14	Combination		3.090E-18	-6.476E-20	-8.848E-06	4.317E-20	2.114E-18
2	DSTL15	Combination		9.758E-19	-1.295E-19	-6.517E-06	8.635E-20	6.912E-19
11	DEAD	LinStatic		3.090E-18	-6.476E-20	0.000626	6.562E-20	0.000585
11	LIVE	LinStatic		-2.114E-18	-6.476E-20	0.000364	5.814E-20	0.000359
11	VIENTO	LinStatic		0.015072	-1.025E-15	0.010539	1.936E-17	0.006933
11	GRANIZO	LinStatic		-4.228E-18	-1.295E-19	0.000728	1.163E-19	0.000718
11	EX	LinResp Spec	Max	0.019272	2.185E-15	0.016091	1.313E-16	0.01087
11	EY	LinResp Spec	Max	2.621E-16	0.020239	2.187E-16	0.009952	1.480E-16



**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
11	DSTL1	Combination		4.326E-18	-9.067E-20	-	9.187E-20	0.000819
11	DSTL2	Combination		-1.789E-18	-2.461E-19	0.000195	2.299E-19	-
11	DSTL3	Combination		-5.172E-18	-3.497E-19	0.000777	3.229E-19	-
11	DSTL4	Combination		0.015072	-1.025E-15	-	1.956E-17	0.006917
11	DSTL5	Combination		-	1.025E-15	0.010516	-1.917E-17	-
11	DSTL6	Combination		0.007536	-5.127E-16	-	9.946E-18	0.003019
11	DSTL7	Combination		-	5.122E-16	0.005683	-9.417E-18	-
11	DSTL8	Combination		0.015072	-1.025E-15	-	1.942E-17	0.007459
11	DSTL9	Combination		-	1.025E-15	0.009976	-1.930E-17	-
11	DSTL10	Combination	Max	0.019272	2.185E-15	0.015786	1.315E-16	0.011128
11	DSTL10	Combination	Min	-	-2.186E-15	-	-1.311E-16	-
				0.019272	15	0.016395	16	0.010612



**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
11	DSTL11	Combination	Max	2.632E-16	0.020239	-0.000305	0.009952	0.000258
11	DSTL11	Combination	Min	-2.611E-16	0.020239	0.000305	0.009952	0.000258
11	DSTL12	Combination	Max	0.019272	2.185E-15	0.01559	1.313E-16	0.011338
11	DSTL12	Combination	Min	-0.019272	-2.185E-15	0.016592	-1.312E-16	0.010402
11	DSTL13	Combination	Max	2.646E-16	0.020239	0.000501	0.009952	0.000468
11	DSTL13	Combination	Min	-2.597E-16	0.020239	0.000501	0.009952	0.000468
11	DSTL14	Combination		3.090E-18	-6.476E-20	0.000626	6.562E-20	0.000585
11	DSTL15	Combination		9.758E-19	-1.295E-19	0.000262	1.238E-19	0.000226
12	DEAD	LinStatic		3.090E-18	-6.476E-20	0.000629	5.947E-06	0.000585
12	LIVE	LinStatic		-2.114E-18	-6.476E-20	0.000367	-9.978E-06	0.000359
12	VIENTO	LinStatic		0.015075	3.236E-09	0.010536	-7.982E-06	0.006933

**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
12	GRANIZO	LinStatic		-4.228E-18	-1.295E-19	0.000735	-0.00002	-0.000718
12	EX	LinResp Spec	Max	0.019273	2.082E-09	0.016093	9.138E-06	0.01087
12	EY	LinResp Spec	Max	0.000164	0.020239	0.004977	0.009955	1.480E-16
12	DSTL1	Combination		4.326E-18	-9.067E-20	-0.00088	8.326E-06	0.000819
12	DSTL2	Combination		-1.789E-18	-2.461E-19	0.000201	-0.000019	-0.000232
12	DSTL3	Combination		-5.172E-18	-3.497E-19	0.000789	-0.000035	-0.000807
12	DSTL4	Combination		0.015075	3.236E-09	-0.010556	-0.000021	0.006917
12	DSTL5	Combination		-0.015075	-3.236E-09	0.010517	-4.837E-06	-0.006949
12	DSTL6	Combination		0.007537	1.618E-09	-0.004847	-0.000029	0.003019
12	DSTL7	Combination		-0.007537	-1.618E-09	0.00569	0.000021	-0.003914
12	DSTL8	Combination		0.015075	3.236E-09	-0.011102	-2.630E-06	0.007459





**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
12	DSTL9	Combination		-0.015075	-3.236E-09	0.00997	0.000013	-0.006406
12	DSTL10	Combination	Max	0.019273	2.082E-09	0.01579	2.901E-06	0.011128
12	DSTL10	Combination	Min	-0.019273	-2.082E-09	-0.016396	-0.000015	-0.010612
12	DSTL11	Combination	Max	0.000164	0.020239	0.004674	0.009948	0.000258
12	DSTL11	Combination	Min	-0.000164	-0.020239	-0.005289	-0.009961	-0.000258
12	DSTL12	Combination	Max	0.019273	2.082E-09	0.01559	0.000014	0.011338
12	DSTL12	Combination	Min	-0.019273	-2.082E-09	-0.016596	-4.381E-06	-0.010402
12	DSTL13	Combination	Max	0.000164	0.020239	0.004474	0.009959	0.000468
12	DSTL13	Combination	Min	-0.000164	-0.020239	-0.005489	-0.009959	-0.000468
12	DSTL14	Combination		3.090E-18	-6.476E-20	-0.000629	5.947E-06	0.000585
12	DSTL15	Combination		9.758E-19	-1.295E-19	0.000261	-4.031E-06	0.000226
13	DEAD	LinStatic		3.090E-18	-6.476E-20	0.000629	-5.947E-06	0.000585



**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
13	LIVE	LinStatic		-2.114E-18	-6.476E-20	0.000367	9.978E-06	-0.000359
13	VIENTO	LinStatic		0.015075	-3.236E-09	0.010536	7.982E-06	0.006933
13	GRANIZO	LinStatic		-4.228E-18	-1.295E-19	0.000735	0.00002	-0.000718
13	EX	LinResp Spec	Max	0.019273	2.082E-09	0.016093	9.138E-06	0.01087
13	EY	LinResp Spec	Max	0.000164	0.020239	0.004977	0.009955	1.480E-16
13	DSTL1	Combination		4.326E-18	-9.067E-20	-0.00088	-8.326E-06	0.000819
13	DSTL2	Combination		-1.789E-18	-2.461E-19	0.000201	0.000019	-0.000232
13	DSTL3	Combination		-5.172E-18	-3.497E-19	0.000789	0.000035	-0.000807
13	DSTL4	Combination		0.015075	-3.236E-09	0.010556	0.000021	0.006917
13	DSTL5	Combination		-0.015075	3.236E-09	0.010517	4.837E-06	-0.006949
13	DSTL6	Combination		0.007537	-1.618E-09	0.004847	0.000029	0.003019



**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
13	DSTL7	Combination		-0.007537	1.618E-09	0.00569	0.000021	-0.003914
13	DSTL8	Combination		0.015075	-3.236E-09	0.011102	2.630E-06	0.007459
13	DSTL9	Combination		-0.015075	3.236E-09	0.00997	-0.000013	-0.006406
13	DSTL10	Combination	Max	0.019273	2.082E-09	0.01579	0.000015	0.011128
13	DSTL10	Combination	Min	-0.019273	-2.082E-09	0.016396	-2.901E-06	-0.010612
13	DSTL11	Combination	Max	0.000164	0.020239	0.004674	0.009961	0.000258
13	DSTL11	Combination	Min	-0.000164	-0.020239	-0.00528	-0.009948	-0.000258
13	DSTL12	Combination	Max	0.019273	2.082E-09	0.01559	4.381E-06	0.011338
13	DSTL12	Combination	Min	-0.019273	-2.082E-09	0.016596	-0.000014	-0.010402
13	DSTL13	Combination	Max	0.000164	0.020239	0.004474	0.009954	0.000468
13	DSTL13	Combination	Min	-0.000164	-0.020239	-0.00548	-0.009959	-0.000468
13	DSTL14	Combination		3.090E-18	-6.476E-20	0.000629	-5.947E-06	0.000585

**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
13	DSTL15	Combination		9.758E-19	-1.295E-19	-0.000261	4.031E-06	0.000226
14	DEAD	LinStatic		3.090E-18	-6.476E-20	-0.000626	4.317E-20	-0.000585
14	LIVE	LinStatic		-2.114E-18	-6.476E-20	0.000364	5.066E-20	0.000359
14	VIENTO	LinStatic		0.015072	9.412E-16	0.011122	1.937E-17	0.007508
14	GRANIZO	LinStatic		-4.228E-18	-1.295E-19	0.000728	1.013E-19	0.000718
14	EX	LinResp Spec	Max	0.019272	1.818E-15	0.016091	1.299E-16	0.01087
14	EY	LinResp Spec	Max	2.677E-16	0.020239	2.197E-16	0.009952	1.494E-16
14	DSTL1	Combination		4.326E-18	-9.067E-20	-0.000877	6.044E-20	-0.000819
14	DSTL2	Combination		-1.789E-18	-2.461E-19	0.000195	1.835E-19	0.000232
14	DSTL3	Combination		-5.172E-18	-3.497E-19	0.000777	2.646E-19	0.000807
14	DSTL4	Combination		0.015072	9.410E-16	0.011098	1.952E-17	0.007524
14	DSTL5	Combination		-0.015072	-9.414E-16	-0.011145	-1.922E-17	-0.007491
14	DSTL6	Combination		0.007536	4.703E-16	0.005974	9.899E-18	0.004201







**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
14	DSTL7	Combination		-0.007536	-4.709E-16	-0.005148	-9.471E-18	-0.003306
14	DSTL8	Combination		0.015072	9.412E-16	0.010558	1.941E-17	0.006981
14	DSTL9	Combination		-0.015072	-9.413E-16	-0.011685	-1.933E-17	-0.008034
14	DSTL10	Combination	Max	0.019272	1.818E-15	0.015786	1.300E-16	0.010612
14	DSTL10	Combination	Min	-0.019272	-1.818E-15	-0.016395	-1.298E-16	-0.011128
14	DSTL11	Combination	Max	2.688E-16	0.020239	-0.000305	0.009952	-0.000258
14	DSTL11	Combination	Min	-2.667E-16	-0.020239	0.000305	-0.009952	0.000258
14	DSTL12	Combination	Max	0.019272	1.818E-15	0.01559	1.299E-16	0.010402
14	DSTL12	Combination	Min	-0.019272	-1.818E-15	-0.016592	-1.299E-16	-0.011338
14	DSTL13	Combination	Max	2.702E-16	0.020239	-0.000501	0.009952	-0.000468
14	DSTL13	Combination	Min	-2.653E-16	-0.020239	0.000501	-0.009952	0.000468

**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
14	DSTL14	Combination		3.090E-18	-6.476E-20	-	4.317E-20	-
						0.000626		0.000585
14	DSTL15	Combination		9.758E-19	-1.295E-19	-	9.383E-20	-
						0.000262		0.000226
15	DEAD	LinStatic		3.090E-18	-6.476E-20	-	5.947E-06	-
						0.000629		0.000585
15	LIVE	LinStatic		-2.114E-18	-6.476E-20	0.000367	-9.978E-06	0.000359
15	VIENTO	LinStatic		0.015075	-3.236E-09	0.011124	-7.982E-06	0.007508
15	GRANIZO	LinStatic		-4.228E-18	-1.295E-19	0.000735	-0.00002	0.000718
15	EX	LinResp Spec	Max	0.019273	2.082E-09	0.016093	9.138E-06	0.01087
15	EY	LinResp Spec	Max	0.000164	0.020239	0.004977	0.009955	1.494E-16
15	DSTL1	Combination		4.326E-18	-9.067E-20	-0.00088	8.326E-06	-
								0.000819
15	DSTL2	Combination		-1.789E-18	-2.461E-19	0.000201	-	0.000232
						0.000009		
15	DSTL3	Combination		-5.172E-18	-3.497E-19	0.000789	-	0.000807
						0.0000035		
15	DSTL4	Combination		0.015075	-3.236E-09	0.011105	-	0.007524
						0.0000021		



**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
15	DSTL5	Combination		-0.015075	3.236E-09	-0.011144	-4.837E-06	-0.007491
15	DSTL6	Combination		0.007537	-1.618E-09	0.005983	-0.000029	0.004201
15	DSTL7	Combination		-0.007537	1.618E-09	-0.005141	-0.000021	-0.003306
15	DSTL8	Combination		0.015075	-3.236E-09	0.010558	-2.630E-06	0.006981
15	DSTL9	Combination		-0.015075	3.236E-09	-0.011693	0.000013	-0.008034
15	DSTL10	Combination	Max	0.019273	2.082E-09	0.01579	2.901E-06	0.010612
15	DSTL10	Combination	Min	-0.019273	-2.082E-09	-0.016396	-0.000015	-0.011128
15	DSTL11	Combination	Max	0.000164	0.020239	0.004674	0.009948	-0.000258
15	DSTL11	Combination	Min	-0.000164	-0.020239	-0.00528	-0.009961	-0.000258
15	DSTL12	Combination	Max	0.019273	2.082E-09	0.01559	0.000014	0.010402
15	DSTL12	Combination	Min	-0.019273	-2.082E-09	-0.016596	-4.381E-06	-0.011338





**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
15	DSTL13	Combination	Max	0.000164	0.020239	0.004474	0.009959	-0.000468
15	DSTL13	Combination	Min	-0.000164	-0.020239	-0.005489	-0.009959	-0.000468
15	DSTL14	Combination		3.090E-18	-6.476E-20	-0.000629	5.947E-06	-0.000585
15	DSTL15	Combination		9.758E-19	-1.295E-19	0.000261	-4.031E-06	0.000226
16	DEAD	LinStatic		3.090E-18	-6.476E-20	0.000629	-5.947E-06	0.000585
16	LIVE	LinStatic		-2.114E-18	-6.476E-20	0.000367	9.978E-06	0.000359
16	VIENTO	LinStatic		0.015075	3.236E-09	0.011124	7.982E-06	0.007508
16	GRANIZO	LinStatic		-4.228E-18	-1.295E-19	0.000735	0.00002	0.000718
16	EX	LinResp Spec	Max	0.019273	2.082E-09	0.016093	9.138E-06	0.01087
16	EY	LinResp Spec	Max	0.000164	0.020239	0.004977	0.009955	1.494E-16
16	DSTL1	Combination		4.326E-18	-9.067E-20	-0.00088	-8.326E-06	-0.000819
16	DSTL2	Combination		-1.789E-18	-2.461E-19	0.000201	0.000019	0.000232
16	DSTL3	Combination		-5.172E-18	-3.497E-19	0.000789	0.000035	0.000807



**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
16	DSTL4	Combination		0.015075	3.236E-09	0.011105	0.000021	0.007524
16	DSTL5	Combination		-0.015075	-3.236E-09	-0.011144	-4.837E-06	-0.007491
16	DSTL6	Combination		0.007537	1.618E-09	0.005983	0.000029	0.004201
16	DSTL7	Combination		-0.007537	-1.618E-09	-0.005141	-0.000021	-0.003306
16	DSTL8	Combination		0.015075	3.236E-09	0.010558	2.630E-06	0.006981
16	DSTL9	Combination		-0.015075	-3.236E-09	-0.01169	-0.000013	-0.008034
16	DSTL10	Combination	Max	0.019273	2.082E-09	0.01579	0.000015	0.010612
16	DSTL10	Combination	Min	-0.019273	-2.082E-09	-0.016396	-2.901E-06	-0.011128
16	DSTL11	Combination	Max	0.000164	0.020239	0.004674	0.009961	0.000258
16	DSTL11	Combination	Min	-0.000164	-0.020239	-0.00528	-0.009948	-0.000258
16	DSTL12	Combination	Max	0.019273	2.082E-09	0.01559	4.381E-06	0.010402
16	DSTL12	Combination	Min	-0.019273	-2.082E-09	-0.016596	-0.000014	-0.011338

**Table 27: Joint Displacements, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2
				m	m	m	Radians	Radians
16	DSTL13	Combination	Max	0.000164	0.020239	0.004474	0.00995	-0.000468
16	DSTL13	Combination	Min	-0.000164	-0.020239	-0.00548	-0.00995	-0.000468
16	DSTL14	Combination		3.090E-18	-6.476E-20	-0.000629	-5.947E-06	-0.000585
16	DSTL15	Combination		9.758E-19	-1.295E-19	0.000261	4.031E-06	0.000226

**Table 27: Joint Displacements, Part 2 of 2**

**Table 27: Joint Displacements, Part 2 of 2**

Joint	Output Case	Step Type	R3
			Radians
1	DEAD		0.
1	LIVE		0.
1	VIENTO		0.
1	GRANIZO		0.
1	EX	Max	0.
1	EY	Max	0.
1	DSTL1		0.
1	DSTL2		0.
1	DSTL3		0.
1	DSTL4		0.

**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
1	DSTL5		0.
1	DSTL6		0.
1	DSTL7		0.
1	DSTL8		0.
1	DSTL9		0.
1	DSTL10	Max	0.
1	DSTL10	Min	0.
1	DSTL11	Max	0.
1	DSTL11	Min	0.
1	DSTL12	Max	0.
1	DSTL12	Min	0.
1	DSTL13	Max	0.
1	DSTL13	Min	0.
1	DSTL14		0.
1	DSTL15		0.
2	DEAD		0.
2	LIVE		0.
2	VIENTO		-6.100E- 16
2	GRANIZ O		0.
2	EX	Max	1.237E- 15
2	EY	Max	7.177E- 17
2	DSTL1		0.
2	DSTL2		0.
2	DSTL3		0.

**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
2	DSTL4		-6.100E-16
2	DSTL5		6.100E-16
2	DSTL6		-3.050E-16
2	DSTL7		3.050E-16
2	DSTL8		-6.100E-16
2	DSTL9		6.100E-16
2	DSTL10	Max	1.237E-15
2	DSTL10	Min	-1.237E-15
2	DSTL11	Max	7.177E-17
2	DSTL11	Min	-7.177E-17
2	DSTL12	Max	1.237E-15
2	DSTL12	Min	-1.237E-15
2	DSTL13	Max	7.177E-17
2	DSTL13	Min	-7.177E-17
2	DSTL14		0.
2	DSTL15		0.



**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
11	DEAD		0.
11	LIVE		0.
11	VIENTO		-6.750E-16
11	GRANIZO		0.
11	EX	Max	1.367E-15
11	EY	Max	0.000346
11	DSTL1		0.
11	DSTL2		0.
11	DSTL3		0.
11	DSTL4		-6.750E-16
11	DSTL5		6.750E-16
11	DSTL6		-3.375E-16
11	DSTL7		3.375E-16
11	DSTL8		-6.750E-16
11	DSTL9		6.750E-16
11	DSTL10	Max	1.367E-15
11	DSTL10	Min	-1.367E-15

**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
11	DSTL11	Max	0.000346
11	DSTL11	Min	-0.000346
11	DSTL12	Max	1.367E-15
11	DSTL12	Min	-1.367E-15
11	DSTL13	Max	0.000346
11	DSTL13	Min	-0.000346
11	DSTL14		0.
11	DSTL15		0.
12	DEAD		0.
12	LIVE		0.
12	VIENTO		6.443E-06
12	GRANIZ O		0.
12	EX	Max	5.177E-06
12	EY	Max	0.000319
12	DSTL1		0.
12	DSTL2		0.
12	DSTL3		0.

**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
12	DSTL4		6.443E-06
12	DSTL5		-6.443E-06
12	DSTL6		3.221E-06
12	DSTL7		-3.221E-06
12	DSTL8		6.443E-06
12	DSTL9		-6.443E-06
12	DSTL10	Max	5.177E-06
12	DSTL10	Min	-5.177E-06
12	DSTL11	Max	0.000319
12	DSTL11	Min	-0.000319
12	DSTL12	Max	5.177E-06
12	DSTL12	Min	-5.177E-06
12	DSTL13	Max	0.000319
12	DSTL13	Min	-0.000319
12	DSTL14		0.

**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
12	DSTL15		0.
13	DEAD		0.
13	LIVE		0.
13	VIENTO		-6.443E-06
13	GRANIZO		0.
13	EX	Max	5.177E-06
13	EY	Max	0.000319
13	DSTL1		0.
13	DSTL2		0.
13	DSTL3		0.
13	DSTL4		-6.443E-06
13	DSTL5		6.443E-06
13	DSTL6		-3.221E-06
13	DSTL7		3.221E-06
13	DSTL8		-6.443E-06
13	DSTL9		6.443E-06
13	DSTL10	Max	5.177E-06
13	DSTL10	Min	-5.177E-06

**Table 27: Joint Displacements, Part 2 of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
13	DSTL11	Max	0.000319
13	DSTL11	Min	-0.000319
13	DSTL12	Max	5.177E-06
13	DSTL12	Min	-5.177E-06
13	DSTL13	Max	0.000319
13	DSTL13	Min	-0.000319
13	DSTL14		0.
13	DSTL15		0.
14	DEAD		0.
14	LIVE		0.
14	VIENTO		-6.684E-16
14	GRANIZO		0.
14	EX	Max	1.354E-15
14	EY	Max	0.000346
14	DSTL1		0.
14	DSTL2		0.
14	DSTL3		0.

**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
14	DSTL4		-6.684E-16
14	DSTL5		6.684E-16
14	DSTL6		-3.342E-16
14	DSTL7		3.342E-16
14	DSTL8		-6.684E-16
14	DSTL9		6.684E-16
14	DSTL10	Max	1.354E-15
14	DSTL10	Min	-1.354E-15
14	DSTL11	Max	0.000346
14	DSTL11	Min	-0.000346
14	DSTL12	Max	1.354E-15
14	DSTL12	Min	-1.354E-15
14	DSTL13	Max	0.000346
14	DSTL13	Min	-0.000346
14	DSTL14		0.

**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
14	DSTL15		0.
15	DEAD		0.
15	LIVE		0.
15	VIENTO		6.443E-06
15	GRANIZO		0.
15	EX	Max	5.177E-06
15	EY	Max	0.000319
15	DSTL1		0.
15	DSTL2		0.
15	DSTL3		0.
15	DSTL4		6.443E-06
15	DSTL5		-6.443E-06
15	DSTL6		3.221E-06
15	DSTL7		-3.221E-06
15	DSTL8		6.443E-06
15	DSTL9		-6.443E-06
15	DSTL10	Max	5.177E-06
15	DSTL10	Min	-5.177E-06

**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
15	DSTL11	Max	0.000319
15	DSTL11	Min	-0.000319
15	DSTL12	Max	5.177E-06
15	DSTL12	Min	-5.177E-06
15	DSTL13	Max	0.000319
15	DSTL13	Min	-0.000319
15	DSTL14		0.
15	DSTL15		0.
16	DEAD		0.
16	LIVE		0.
16	VIENTO		-6.443E-06
16	GRANIZ O		0.
16	EX	Max	5.177E-06
16	EY	Max	0.000319
16	DSTL1		0.
16	DSTL2		0.
16	DSTL3		0.



**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3 Radians
16	DSTL4		-6.443E-06
16	DSTL5		6.443E-06
16	DSTL6		-3.221E-06
16	DSTL7		3.221E-06
16	DSTL8		-6.443E-06
16	DSTL9		6.443E-06
16	DSTL10	Max	5.177E-06
16	DSTL10	Min	-5.177E-06
16	DSTL11	Max	0.000319
16	DSTL11	Min	-0.000319
16	DSTL12	Max	5.177E-06
16	DSTL12	Min	-5.177E-06
16	DSTL13	Max	0.000319
16	DSTL13	Min	-0.000319
16	DSTL14		0.

**Table 27: Joint Displacements, Part 2  
of 2**

Joint	Output Case	StepType	R3
			Radians
16	DSTL15		0.

**Table 28: Joint Reactions, Part 1 of 2**

**Table 28: Joint Reactions, Part 1 of 2**

Joint	Output Case	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2
				KN	KN	KN	KN-m	KN-m
1	DEAD	LinStatic		1.102E-17	2.538E-19	0.567	-2.602E-18	-1.177E-16
1	LIVE	LinStatic		-1.621E-18	0.	-0.543	-2.602E-18	8.333E-17
1	VIENTO	LinStatic		-0.484	2.835E-16	-0.019	-2.331E-15	-1.0154
1	GRANIZO	LinStatic		-3.243E-18	0.	-0.231	-5.204E-18	1.667E-16
1	EX	LinResp Spec	Max	0.314	7.156E-16	7.036E-15	1.570E-14	1.0703
1	EY	LinResp Spec	Max	4.256E-16	0.392	4.955E-16	1.188	1.467E-14
1	DSTL1	Combination		9.080E-18	0.	0.764	-3.643E-18	-1.648E-16
1	DSTL2	Combination		3.567E-18	0.	0.355	-9.888E-18	7.543E-17
1	DSTL3	Combination		9.729E-19	0.	0.17	-1.405E-17	2.088E-16
1	DSTL4	Combination		-0.484	7.760E-16	0.332	-2.339E-15	-1.0154



Table 28: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2
				KN	KN	KN	KN-m	KN-m
1	DSTL5	Combination		0.484	-7.760E-16	0.516	2.322E-15	1.0154
1	DSTL6	Combination		-0.242	3.880E-16	0.239	-1.177E-15	-0.5077
1	DSTL7	Combination		0.242	-3.880E-16	0.332	1.154E-15	0.5077
1	DSTL8	Combination		-0.484	7.760E-16	0.399	-2.333E-15	-1.0154
1	DSTL9	Combination		0.484	-7.760E-16	0.583	2.328E-15	1.0154
1	DSTL10	Combination	Max	0.309	5.273E-15	0.548	1.569E-14	1.0703
1	DSTL10	Combination	Min	-0.309	-5.273E-15	0.548	-1.571E-14	-1.0703
1	DSTL11	Combination	Max	4.080E-15	0.393	0.548	1.188	1.464E-14
1	DSTL11	Combination	Min	-4.068E-15	-0.393	0.548	-1.188	-1.471E-14
1	DSTL12	Combination	Max	0.309	5.273E-15	0.437	1.570E-14	1.0703
1	DSTL12	Combination	Min	-0.309	-5.273E-15	0.437	-1.570E-14	-1.0703
1	DSTL13	Combination	Max	4.079E-15	0.393	0.437	1.188	1.458E-14
1	DSTL13	Combination	Min	-4.069E-15	-0.393	0.437	-1.188	-1.477E-14
1	DSTL14	Combination		6.486E-18	0.	0.546	-2.602E-18	-1.177E-16
1	DSTL15	Combination		4.864E-18	0.	0.43	-5.204E-18	-3.436E-17



**Table 28: Joint Reactions, Part 2 of 2**

**Table 28: Joint Reactions, Part 2 of 2**

Joint	Output Case	StepType	M3 KN-m
1	DEAD		0.
1	LIVE		0.
1	VIENTO		3.535E-14
1	GRANIZO		0.
1	EX	Max	7.167E-14
1	EY	Max	4.159E-15
1	DSTL1		0.
1	DSTL2		0.
1	DSTL3		0.
1	DSTL4		3.535E-14
1	DSTL5		-3.535E-14
1	DSTL6		1.768E-14
1	DSTL7		-1.768E-14
1	DSTL8		3.535E-14
1	DSTL9		-3.535E-14
1	DSTL10	Max	7.167E-14
1	DSTL10	Min	-7.167E-14

**Table 28: Joint Reactions, Part 2 of 2**

Joint	Output Case	StepType	M3 KN-m
1	DSTL11	Max	4.159E-15
1	DSTL11	Min	-4.159E-15
1	DSTL12	Max	7.167E-14
1	DSTL12	Min	-7.167E-14
1	DSTL13	Max	4.159E-15
1	DSTL13	Min	-4.159E-15
1	DSTL14		0.
1	DSTL15		0.

## 9. Frame results

This section provides frame force results.

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	Output Case	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m
1	0.	DEAD	LinStatic		-0.546	-6.486E-18	0.	0.
1	1.5	DEAD	LinStatic		-0.438	-6.486E-18	0.	0.
1	3.	DEAD	LinStatic		-0.331	-6.486E-18	0.	0.

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
1	0.	LIVE	LinStatic		0.115	1.621E-18	0.	0.
1	1.5	LIVE	LinStatic		0.115	1.621E-18	0.	0.
1	3.	LIVE	LinStatic		0.115	1.621E-18	0.	0.
1	0.	VIENTO	LinStatic		0.092	0.484	-7.760E-16	-3.535E-14
1	1.5	VIENTO	LinStatic		0.092	0.338	-7.760E-16	-3.535E-14
1	3.	VIENTO	LinStatic		0.092	0.193	-7.760E-16	-3.535E-14
1	0.	GRANIZO	LinStatic		0.231	3.243E-18	0.	0.
1	1.5	GRANIZO	LinStatic		0.231	3.243E-18	0.	0.
1	3.	GRANIZO	LinStatic		0.231	3.243E-18	0.	0.
1	0.	EX	LinResp Spec	Max	2.773E-13	0.309	5.273E-15	7.167E-14
1	1.5	EX	LinResp Spec	Max	2.773E-13	0.309	5.273E-15	7.167E-14
1	3.	EX	LinResp Spec	Max	2.773E-13	0.309	5.273E-15	7.167E-14
1	0.	EY	LinResp Spec	Max	6.565E-13	4.074E-15	0.393	4.159E-15
1	1.5	EY	LinResp Spec	Max	6.565E-13	4.074E-15	0.393	4.159E-15
1	3.	EY	LinResp Spec	Max	6.565E-13	4.074E-15	0.393	4.159E-15
1	0.	DSTL1	Combination		-0.764	-9.080E-18	0.	0.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
1	1.5	DSTL1	Combination		-0.614	-9.080E-18	0.	0.
1	3.	DSTL1	Combination		-0.464	-9.080E-18	0.	0.
1	0.	DSTL2	Combination		-0.355	-3.567E-18	0.	0.
1	1.5	DSTL2	Combination		-0.226	-3.567E-18	0.	0.
1	3.	DSTL2	Combination		-0.097	-3.567E-18	0.	0.
1	0.	DSTL3	Combination		-0.17	-9.729E-19	0.	0.
1	1.5	DSTL3	Combination		-0.041	-9.729E-19	0.	0.
1	3.	DSTL3	Combination		0.088	-9.729E-19	0.	0.
1	0.	DSTL4	Combination		-0.332	0.484	-7.760E-16	-3.535E-14
1	1.5	DSTL4	Combination		-0.203	0.338	-7.760E-16	-3.535E-14
1	3.	DSTL4	Combination		-0.074	0.193	-7.760E-16	-3.535E-14
1	0.	DSTL5	Combination		-0.516	-0.484	7.760E-16	3.535E-14
1	1.5	DSTL5	Combination		-0.388	-0.338	7.760E-16	3.535E-14
1	3.	DSTL5	Combination		-0.259	-0.193	7.760E-16	3.535E-14
1	0.	DSTL6	Combination		-0.239	0.242	-3.880E-16	-1.768E-14
1	1.5	DSTL6	Combination		-0.11	0.169	-3.880E-16	-1.768E-14

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
1	3.	DSTL6	Combination		0.018	0.097	-3.880E-16	-1.768E-14
1	0.	DSTL7	Combination		-0.332	-0.242	3.880E-16	1.768E-14
1	1.5	DSTL7	Combination		-0.203	-0.169	3.880E-16	1.768E-14
1	3.	DSTL7	Combination		-0.074	-0.097	3.880E-16	1.768E-14
1	0.	DSTL8	Combination		-0.399	0.484	-7.760E-16	-3.535E-14
1	1.5	DSTL8	Combination		-0.302	0.338	-7.760E-16	-3.535E-14
1	3.	DSTL8	Combination		-0.206	0.193	-7.760E-16	-3.535E-14
1	0.	DSTL9	Combination		-0.583	-0.484	7.760E-16	3.535E-14
1	1.5	DSTL9	Combination		-0.487	-0.338	7.760E-16	3.535E-14
1	3.	DSTL9	Combination		-0.39	-0.193	7.760E-16	3.535E-14
1	0.	DSTL10	Combination	Max	-0.548	0.309	5.273E-15	7.167E-14
1	1.5	DSTL10	Combination	Max	-0.408	0.309	5.273E-15	7.167E-14
1	3.	DSTL10	Combination	Max	-0.269	0.309	5.273E-15	7.167E-14
1	0.	DSTL10	Combination	Min	-0.548	-0.309	-5.273E-15	-7.167E-14
1	1.5	DSTL10	Combination	Min	-0.408	-0.309	-5.273E-15	-7.167E-14
1	3.	DSTL10	Combination	Min	-0.269	-0.309	-5.273E-15	-7.167E-14



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	Case Type	Step Type	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
1	0.	DSTL11	Combination	Max	-0.548	4.068E-15	0.393	4.159E-15
1	1.5	DSTL11	Combination	Max	-0.408	4.068E-15	0.393	4.159E-15
1	3.	DSTL11	Combination	Max	-0.269	4.068E-15	0.393	4.159E-15
1	0.	DSTL11	Combination	Min	-0.548	-4.080E-15	-0.393	-4.159E-15
1	1.5	DSTL11	Combination	Min	-0.408	-4.080E-15	-0.393	-4.159E-15
1	3.	DSTL11	Combination	Min	-0.269	-4.080E-15	-0.393	-4.159E-15
1	0.	DSTL12	Combination	Max	-0.437	0.309	5.273E-15	7.167E-14
1	1.5	DSTL12	Combination	Max	-0.351	0.309	5.273E-15	7.167E-14
1	3.	DSTL12	Combination	Max	-0.265	0.309	5.273E-15	7.167E-14
1	0.	DSTL12	Combination	Min	-0.437	-0.309	-5.273E-15	-7.167E-14
1	1.5	DSTL12	Combination	Min	-0.351	-0.309	-5.273E-15	-7.167E-14
1	3.	DSTL12	Combination	Min	-0.265	-0.309	-5.273E-15	-7.167E-14
1	0.	DSTL13	Combination	Max	-0.437	4.069E-15	0.393	4.159E-15
1	1.5	DSTL13	Combination	Max	-0.351	4.069E-15	0.393	4.159E-15
1	3.	DSTL13	Combination	Max	-0.265	4.069E-15	0.393	4.159E-15
1	0.	DSTL13	Combination	Min	-0.437	-4.079E-15	-0.393	-4.159E-15



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
1	1.5	DSTL13	Combination	Min	-0.351	-4.079E-15	-0.393	-4.159E-15
1	3.	DSTL13	Combination	Min	-0.265	-4.079E-15	-0.393	-4.159E-15
1	0.	DSTL14	Combination		-0.546	-6.486E-18	0.	0.
1	1.5	DSTL14	Combination		-0.438	-6.486E-18	0.	0.
1	3.	DSTL14	Combination		-0.331	-6.486E-18	0.	0.
1	0.	DSTL15	Combination		-0.43	-4.864E-18	0.	0.
1	1.5	DSTL15	Combination		-0.323	-4.864E-18	0.	0.
1	3.	DSTL15	Combination		-0.216	-4.864E-18	0.	0.
2	0.	DEAD	LinStatic		6.199E-19	-0.166	0.	0.
2	0.5	DEAD	LinStatic		6.199E-19	-0.13	0.	0.
2	1.	DEAD	LinStatic		6.199E-19	-0.094	0.	0.
2	1.5	DEAD	LinStatic		6.199E-19	-0.058	0.	0.
2	0.	LIVE	LinStatic		-1.550E-19	0.058	0.	-8.674E-19
2	0.5	LIVE	LinStatic		-1.550E-19	0.058	0.	-8.674E-19
2	1.	LIVE	LinStatic		-1.550E-19	0.058	0.	-8.674E-19
2	1.5	LIVE	LinStatic		-1.550E-19	0.058	0.	-8.674E-19



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	Case Type	Step Type	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
2	0.	VIENTO	LinStatic		-0.097	0.046	1.326E-14	-1.735E-18
2	0.5	VIENTO	LinStatic		-0.097	0.046	1.326E-14	-1.735E-18
2	1.	VIENTO	LinStatic		-0.097	0.046	1.326E-14	-1.735E-18
2	1.5	VIENTO	LinStatic		-0.097	0.046	1.326E-14	-1.735E-18
2	0.	GRANIZO	LinStatic		-3.099E-19	0.115	0.	-1.735E-18
2	0.5	GRANIZO	LinStatic		-3.099E-19	0.115	0.	-1.735E-18
2	1.	GRANIZO	LinStatic		-3.099E-19	0.115	0.	-1.735E-18
2	1.5	GRANIZO	LinStatic		-3.099E-19	0.115	0.	-1.735E-18
2	0.	EX	LinResp Spec	Max	0.084	0.092	2.735E-14	1.657E-16
2	0.5	EX	LinResp Spec	Max	0.084	0.092	2.735E-14	1.657E-16
2	1.	EX	LinResp Spec	Max	0.084	0.092	2.735E-14	1.657E-16
2	1.5	EX	LinResp Spec	Max	0.084	0.092	2.735E-14	1.657E-16
2	0.	EY	LinResp Spec	Max	2.381E-12	1.938E-15	0.107	0.0053
2	0.5	EY	LinResp Spec	Max	2.381E-12	1.938E-15	0.107	0.0053
2	1.	EY	LinResp Spec	Max	2.381E-12	1.938E-15	0.107	0.0053
2	1.5	EY	LinResp Spec	Max	2.381E-12	1.938E-15	0.107	0.0053



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	Output Case	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m
2	0.	DSTL1	Combination		8.678E-19	-0.232	0.	0.
2	0.5	DSTL1	Combination		8.678E-19	-0.182	0.	0.
2	1.	DSTL1	Combination		8.678E-19	-0.132	0.	0.
2	1.5	DSTL1	Combination		8.678E-19	-0.082	0.	0.
2	0.	DSTL2	Combination		3.409E-19	-0.049	0.	-2.255E-18
2	0.5	DSTL2	Combination		3.409E-19	-5.641E-03	0.	-2.255E-18
2	1.	DSTL2	Combination		3.409E-19	0.037	0.	-2.255E-18
2	1.5	DSTL2	Combination		3.409E-19	0.08	0.	-2.255E-18
2	0.	DSTL3	Combination		9.298E-20	0.044	0.	-3.643E-18
2	0.5	DSTL3	Combination		9.298E-20	0.087	0.	-3.643E-18
2	1.	DSTL3	Combination		9.298E-20	0.13	0.	-3.643E-18
2	1.5	DSTL3	Combination		9.298E-20	0.173	0.	-3.643E-18
2	0.	DSTL4	Combination		-0.097	-0.037	1.326E-14	-3.469E-18
2	0.5	DSTL4	Combination		-0.097	5.905E-03	1.326E-14	-3.469E-18
2	1.	DSTL4	Combination		-0.097	0.049	1.326E-14	-3.469E-18
2	1.5	DSTL4	Combination		-0.097	0.092	1.326E-14	-3.469E-18



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
2	0.	DSTL5	Combination		0.097	-0.129	-1.326E-14	0.
2	0.5	DSTL5	Combination		0.097	-0.086	-1.326E-14	0.
2	1.	DSTL5	Combination		0.097	-0.044	-1.326E-14	0.
2	1.5	DSTL5	Combination		0.097	-6.265E-04	-1.326E-14	0.
2	0.	DSTL6	Combination		-0.048	9.171E-03	6.632E-15	-3.643E-18
2	0.5	DSTL6	Combination		-0.048	0.052	6.632E-15	-3.643E-18
2	1.	DSTL6	Combination		-0.048	0.095	6.632E-15	-3.643E-18
2	1.5	DSTL6	Combination		-0.048	0.138	6.632E-15	-3.643E-18
2	0.	DSTL7	Combination		0.048	-0.037	-6.632E-15	-1.908E-18
2	0.5	DSTL7	Combination		0.048	5.905E-03	-6.632E-15	-1.908E-18
2	1.	DSTL7	Combination		0.048	0.049	-6.632E-15	-1.908E-18
2	1.5	DSTL7	Combination		0.048	0.092	-6.632E-15	-1.908E-18
2	0.	DSTL8	Combination		-0.097	-0.103	1.326E-14	-1.735E-18
2	0.5	DSTL8	Combination		-0.097	-0.071	1.326E-14	-1.735E-18
2	1.	DSTL8	Combination		-0.097	-0.038	1.326E-14	-1.735E-18
2	1.5	DSTL8	Combination		-0.097	-6.243E-03	1.326E-14	-1.735E-18



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	Case Type	Step Type	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
2	0.	DSTL9	Combination		0.097	-0.195	-1.326E-14	1.735E-18
2	0.5	DSTL9	Combination		0.097	-0.163	-1.326E-14	1.735E-18
2	1.	DSTL9	Combination		0.097	-0.131	-1.326E-14	1.735E-18
2	1.5	DSTL9	Combination		0.097	-0.099	-1.326E-14	1.735E-18
2	0.	DSTL10	Combination	Max	0.084	-0.043	2.735E-14	1.645E-16
2	0.5	DSTL10	Combination	Max	0.084	3.939E-03	2.735E-14	1.645E-16
2	1.	DSTL10	Combination	Max	0.084	0.05	2.735E-14	1.645E-16
2	1.5	DSTL10	Combination	Max	0.084	0.097	2.735E-14	1.645E-16
2	0.	DSTL10	Combination	Min	-0.084	-0.226	-2.735E-14	-1.669E-16
2	0.5	DSTL10	Combination	Min	-0.084	-0.18	-2.735E-14	-1.669E-16
2	1.	DSTL10	Combination	Min	-0.084	-0.133	-2.735E-14	-1.669E-16
2	1.5	DSTL10	Combination	Min	-0.084	-0.087	-2.735E-14	-1.669E-16
2	0.	DSTL11	Combination	Max	2.381E-12	-0.134	0.107	0.0053
2	0.5	DSTL11	Combination	Max	2.381E-12	-0.088	0.107	0.0053
2	1.	DSTL11	Combination	Max	2.381E-12	-0.041	0.107	0.0053
2	1.5	DSTL11	Combination	Max	2.381E-12	5.094E-03	0.107	0.0053



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
2	0.	DSTL11	Combination	Min	-2.381E-12	-0.134	-0.107	-0.0053
2	0.5	DSTL11	Combination	Min	-2.381E-12	-0.088	-0.107	-0.0053
2	1.	DSTL11	Combination	Min	-2.381E-12	-0.041	-0.107	-0.0053
2	1.5	DSTL11	Combination	Min	-2.381E-12	5.094E-03	-0.107	-0.0053
2	0.	DSTL12	Combination	Max	0.084	-0.041	2.735E-14	1.657E-16
2	0.5	DSTL12	Combination	Max	0.084	-0.012	2.735E-14	1.657E-16
2	1.	DSTL12	Combination	Max	0.084	0.017	2.735E-14	1.657E-16
2	1.5	DSTL12	Combination	Max	0.084	0.045	2.735E-14	1.657E-16
2	0.	DSTL12	Combination	Min	-0.084	-0.224	-2.735E-14	-1.657E-16
2	0.5	DSTL12	Combination	Min	-0.084	-0.196	-2.735E-14	-1.657E-16
2	1.	DSTL12	Combination	Min	-0.084	-0.167	-2.735E-14	-1.657E-16
2	1.5	DSTL12	Combination	Min	-0.084	-0.138	-2.735E-14	-1.657E-16
2	0.	DSTL13	Combination	Max	2.381E-12	-0.132	0.107	0.0053
2	0.5	DSTL13	Combination	Max	2.381E-12	-0.104	0.107	0.0053
2	1.	DSTL13	Combination	Max	2.381E-12	-0.075	0.107	0.0053
2	1.5	DSTL13	Combination	Max	2.381E-12	-0.047	0.107	0.0053



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
2	0.	DSTL13	Combination	Min	-2.381E-12	-0.132	-0.107	-0.0053
2	0.5	DSTL13	Combination	Min	-2.381E-12	-0.104	-0.107	-0.0053
2	1.	DSTL13	Combination	Min	-2.381E-12	-0.075	-0.107	-0.0053
2	1.5	DSTL13	Combination	Min	-2.381E-12	-0.047	-0.107	-0.0053
2	0.	DSTL14	Combination		6.199E-19	-0.166	0.	0.
2	0.5	DSTL14	Combination		6.199E-19	-0.13	0.	0.
2	1.	DSTL14	Combination		6.199E-19	-0.094	0.	0.
2	1.5	DSTL14	Combination		6.199E-19	-0.058	0.	0.
2	0.	DSTL15	Combination		4.649E-19	-0.108	0.	-8.674E-19
2	0.5	DSTL15	Combination		4.649E-19	-0.072	0.	-8.674E-19
2	1.	DSTL15	Combination		4.649E-19	-0.036	0.	-8.674E-19
2	1.5	DSTL15	Combination		4.649E-19	-5.221E-04	0.	-8.674E-19
5	0.	DEAD	LinStatic		-5.866E-18	-0.166	0.	2.602E-18
5	0.5	DEAD	LinStatic		-5.866E-18	-0.13	0.	2.602E-18
5	1.	DEAD	LinStatic		-5.866E-18	-0.094	0.	2.602E-18
5	1.5	DEAD	LinStatic		-5.866E-18	-0.058	0.	2.602E-18





**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
5	0.	LIVE	LinStatic		1.467E-18	0.058	0.	1.735E-18
5	0.5	LIVE	LinStatic		1.467E-18	0.058	0.	1.735E-18
5	1.	LIVE	LinStatic		1.467E-18	0.058	0.	1.735E-18
5	1.5	LIVE	LinStatic		1.467E-18	0.058	0.	1.735E-18
5	0.	VIENTO	LinStatic		0.097	0.046	1.404E-14	8.674E-19
5	0.5	VIENTO	LinStatic		0.097	0.046	1.404E-14	8.674E-19
5	1.	VIENTO	LinStatic		0.097	0.046	1.404E-14	8.674E-19
5	1.5	VIENTO	LinStatic		0.097	0.046	1.404E-14	8.674E-19
5	0.	GRANIZO	LinStatic		2.933E-18	0.115	0.	3.469E-18
5	0.5	GRANIZO	LinStatic		2.933E-18	0.115	0.	3.469E-18
5	1.	GRANIZO	LinStatic		2.933E-18	0.115	0.	3.469E-18
5	1.5	GRANIZO	LinStatic		2.933E-18	0.115	0.	3.469E-18
5	0.	EX	LinResp Spec	Max	0.084	0.092	2.899E-14	1.609E-15
5	0.5	EX	LinResp Spec	Max	0.084	0.092	2.899E-14	1.609E-15
5	1.	EX	LinResp Spec	Max	0.084	0.092	2.899E-14	1.609E-15
5	1.5	EX	LinResp Spec	Max	0.084	0.092	2.899E-14	1.609E-15

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
5	0.	EY	LinResp Spec	Max	2.848E- 12	2.215E- 15	0.107	0.0053
5	0.5	EY	LinResp Spec	Max	2.848E- 12	2.215E- 15	0.107	0.0053
5	1.	EY	LinResp Spec	Max	2.848E- 12	2.215E- 15	0.107	0.0053
5	1.5	EY	LinResp Spec	Max	2.848E- 12	2.215E- 15	0.107	0.0053
5	0.	DSTL1	Combina tion		-8.213E- 18	-0.232	0.	3.643E- 18
5	0.5	DSTL1	Combina tion		-8.213E- 18	-0.182	0.	3.643E- 18
5	1.	DSTL1	Combina tion		-8.213E- 18	-0.132	0.	3.643E- 18
5	1.5	DSTL1	Combina tion		-8.213E- 18	-0.082	0.	3.643E- 18
5	0.	DSTL2	Combina tion		-3.226E- 18	-0.049	0.	7.633E- 18
5	0.5	DSTL2	Combina tion		-3.226E- 18	-5.641E- 03	0.	7.633E- 18
5	1.	DSTL2	Combina tion		-3.226E- 18	0.037	0.	7.633E- 18
5	1.5	DSTL2	Combina tion		-3.226E- 18	0.08	0.	7.633E- 18
5	0.	DSTL3	Combina tion		-8.799E- 19	0.044	0.	1.041E- 17
5	0.5	DSTL3	Combina tion		-8.799E- 19	0.087	0.	1.041E- 17
5	1.	DSTL3	Combina tion		-8.799E- 19	0.13	0.	1.041E- 17
5	1.5	DSTL3	Combina tion		-8.799E- 19	0.173	0.	1.041E- 17



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
5	0.	DSTL4	Combination		0.097	-0.037	1.404E-14	7.459E-18
5	0.5	DSTL4	Combination		0.097	5.905E-03	1.404E-14	7.459E-18
5	1.	DSTL4	Combination		0.097	0.049	1.404E-14	7.459E-18
5	1.5	DSTL4	Combination		0.097	0.092	1.404E-14	7.459E-18
5	0.	DSTL5	Combination		-0.097	-0.129	-1.404E-14	5.725E-18
5	0.5	DSTL5	Combination		-0.097	-0.086	-1.404E-14	5.725E-18
5	1.	DSTL5	Combination		-0.097	-0.044	-1.404E-14	5.725E-18
5	1.5	DSTL5	Combination		-0.097	-6.265E-04	-1.404E-14	5.725E-18
5	0.	DSTL6	Combination		0.048	9.171E-03	7.020E-15	9.107E-18
5	0.5	DSTL6	Combination		0.048	0.052	7.020E-15	9.107E-18
5	1.	DSTL6	Combination		0.048	0.095	7.020E-15	9.107E-18
5	1.5	DSTL6	Combination		0.048	0.138	7.020E-15	9.107E-18
5	0.	DSTL7	Combination		-0.048	-0.037	-7.020E-15	8.240E-18
5	0.5	DSTL7	Combination		-0.048	5.905E-03	-7.020E-15	8.240E-18
5	1.	DSTL7	Combination		-0.048	0.049	-7.020E-15	8.240E-18
5	1.5	DSTL7	Combination		-0.048	0.092	-7.020E-15	8.240E-18



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	Case Type	Step Type	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
5	0.	DSTL8	Combination		0.097	-0.103	1.404E-14	3.209E-18
5	0.5	DSTL8	Combination		0.097	-0.071	1.404E-14	3.209E-18
5	1.	DSTL8	Combination		0.097	-0.038	1.404E-14	3.209E-18
5	1.5	DSTL8	Combination		0.097	-6.243E-03	1.404E-14	3.209E-18
5	0.	DSTL9	Combination		-0.097	-0.195	-1.404E-14	1.475E-18
5	0.5	DSTL9	Combination		-0.097	-0.163	-1.404E-14	1.475E-18
5	1.	DSTL9	Combination		-0.097	-0.131	-1.404E-14	1.475E-18
5	1.5	DSTL9	Combination		-0.097	-0.099	-1.404E-14	1.475E-18
5	0.	DSTL10	Combination	Max	0.084	-0.043	2.899E-14	1.615E-15
5	0.5	DSTL10	Combination	Max	0.084	3.939E-03	2.899E-14	1.615E-15
5	1.	DSTL10	Combination	Max	0.084	0.05	2.899E-14	1.615E-15
5	1.5	DSTL10	Combination	Max	0.084	0.097	2.899E-14	1.615E-15
5	0.	DSTL10	Combination	Min	-0.084	-0.226	-2.899E-14	-1.604E-15
5	0.5	DSTL10	Combination	Min	-0.084	-0.18	-2.899E-14	-1.604E-15
5	1.	DSTL10	Combination	Min	-0.084	-0.133	-2.899E-14	-1.604E-15
5	1.5	DSTL10	Combination	Min	-0.084	-0.087	-2.899E-14	-1.604E-15



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
5	0.	DSTL11	Combination	Max	2.848E-12	-0.134	0.107	0.0053
5	0.5	DSTL11	Combination	Max	2.848E-12	-0.088	0.107	0.0053
5	1.	DSTL11	Combination	Max	2.848E-12	-0.041	0.107	0.0053
5	1.5	DSTL11	Combination	Max	2.848E-12	5.094E-03	0.107	0.0053
5	0.	DSTL11	Combination	Min	-2.848E-12	-0.134	-0.107	-0.0053
5	0.5	DSTL11	Combination	Min	-2.848E-12	-0.088	-0.107	-0.0053
5	1.	DSTL11	Combination	Min	-2.848E-12	-0.041	-0.107	-0.0053
5	1.5	DSTL11	Combination	Min	-2.848E-12	5.094E-03	-0.107	-0.0053
5	0.	DSTL12	Combination	Max	0.084	-0.041	2.899E-14	1.612E-15
5	0.5	DSTL12	Combination	Max	0.084	-0.012	2.899E-14	1.612E-15
5	1.	DSTL12	Combination	Max	0.084	0.017	2.899E-14	1.612E-15
5	1.5	DSTL12	Combination	Max	0.084	0.045	2.899E-14	1.612E-15
5	0.	DSTL12	Combination	Min	-0.084	-0.224	-2.899E-14	-1.607E-15
5	0.5	DSTL12	Combination	Min	-0.084	-0.196	-2.899E-14	-1.607E-15
5	1.	DSTL12	Combination	Min	-0.084	-0.167	-2.899E-14	-1.607E-15
5	1.5	DSTL12	Combination	Min	-0.084	-0.138	-2.899E-14	-1.607E-15



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	Case Type	Step Type	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
5	0.	DSTL13	Combination	Max	2.848E-12	-0.132	0.107	0.0053
5	0.5	DSTL13	Combination	Max	2.848E-12	-0.104	0.107	0.0053
5	1.	DSTL13	Combination	Max	2.848E-12	-0.075	0.107	0.0053
5	1.5	DSTL13	Combination	Max	2.848E-12	-0.047	0.107	0.0053
5	0.	DSTL13	Combination	Min	-2.848E-12	-0.132	-0.107	-0.0053
5	0.5	DSTL13	Combination	Min	-2.848E-12	-0.104	-0.107	-0.0053
5	1.	DSTL13	Combination	Min	-2.848E-12	-0.075	-0.107	-0.0053
5	1.5	DSTL13	Combination	Min	-2.848E-12	-0.047	-0.107	-0.0053
5	0.	DSTL14	Combination		-5.866E-18	-0.166	0.	2.602E-18
5	0.5	DSTL14	Combination		-5.866E-18	-0.13	0.	2.602E-18
5	1.	DSTL14	Combination		-5.866E-18	-0.094	0.	2.602E-18
5	1.5	DSTL14	Combination		-5.866E-18	-0.058	0.	2.602E-18
5	0.	DSTL15	Combination		-4.400E-18	-0.108	0.	4.337E-18
5	0.5	DSTL15	Combination		-4.400E-18	-0.072	0.	4.337E-18
5	1.	DSTL15	Combination		-4.400E-18	-0.036	0.	4.337E-18
5	1.5	DSTL15	Combination		-4.400E-18	-5.221E-04	0.	4.337E-18





**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
8	0.	DEAD	LinStatic		1.636E-20	-0.032	0.	0.
8	0.5	DEAD	LinStatic		1.636E-20	3.319E-03	0.	0.
8	0.	LIVE	LinStatic		0.	0.014	0.	0.
8	0.5	LIVE	LinStatic		0.	0.014	0.	0.
8	0.	VIENTO	LinStatic		-9.621E-04	0.012	-0.042	0.
8	0.5	VIENTO	LinStatic		-9.621E-04	0.012	6.546E-03	0.
8	0.	GRANIZO	LinStatic		0.	0.029	0.	0.
8	0.5	GRANIZO	LinStatic		0.	0.029	0.	0.
8	0.	EX	LinResp Spec	Max	6.189E-04	0.013	7.897E-03	0.
8	0.5	EX	LinResp Spec	Max	6.189E-04	0.013	7.897E-03	0.
8	0.	EY	LinResp Spec	Max	0.068	5.292E-03	0.036	0.
8	0.5	EY	LinResp Spec	Max	0.068	5.292E-03	0.036	0.
8	0.	DSTL1	Combination		2.290E-20	-0.045	-1.217E-20	0.
8	0.5	DSTL1	Combination		2.290E-20	4.647E-03	-1.217E-20	0.
8	0.	DSTL2	Combination		0.	-1.410E-03	0.	0.
8	0.5	DSTL2	Combination		0.	0.042	0.	0.

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	Case Type	Step Type	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
8	0.	DSTL3	Combination		0.	0.022	0.	0.
8	0.5	DSTL3	Combination		0.	0.065	0.	0.
8	0.	DSTL4	Combination		-9.621E-04	1.476E-03	-0.042	0.
8	0.5	DSTL4	Combination		-9.621E-04	0.044	6.546E-03	0.
8	0.	DSTL5	Combination		9.621E-04	-0.022	0.042	0.
8	0.5	DSTL5	Combination		9.621E-04	0.021	-6.546E-03	0.
8	0.	DSTL6	Combination		-4.811E-04	0.013	-0.021	0.
8	0.5	DSTL6	Combination		-4.811E-04	0.056	3.273E-03	0.
8	0.	DSTL7	Combination		4.811E-04	1.476E-03	0.021	0.
8	0.5	DSTL7	Combination		4.811E-04	0.044	-3.273E-03	0.
8	0.	DSTL8	Combination		-9.621E-04	-0.018	-0.042	0.
8	0.5	DSTL8	Combination		-9.621E-04	0.015	6.546E-03	0.
8	0.	DSTL9	Combination		9.621E-04	-0.041	0.042	0.
8	0.5	DSTL9	Combination		9.621E-04	-8.558E-03	-6.546E-03	0.
8	0.	DSTL10	Combination	Max	6.189E-04	-8.755E-03	7.897E-03	0.
8	0.5	DSTL10	Combination	Max	6.189E-04	0.038	7.897E-03	0.





**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
8	0.	DSTL10	Combination	Min	-6.189E-04	-0.035	-7.897E-03	0.
8	0.5	DSTL10	Combination	Min	-6.189E-04	0.011	-7.897E-03	0.
8	0.	DSTL11	Combination	Max	0.068	-0.017	0.036	0.
8	0.5	DSTL11	Combination	Max	0.068	0.03	0.036	0.
8	0.	DSTL11	Combination	Min	-0.068	-0.027	-0.036	0.
8	0.5	DSTL11	Combination	Min	-0.068	0.019	-0.036	0.
8	0.	DSTL12	Combination	Max	6.189E-04	-0.013	7.897E-03	0.
8	0.5	DSTL12	Combination	Max	6.189E-04	0.016	7.897E-03	0.
8	0.	DSTL12	Combination	Min	-6.189E-04	-0.039	-7.897E-03	0.
8	0.5	DSTL12	Combination	Min	-6.189E-04	-0.011	-7.897E-03	0.
8	0.	DSTL13	Combination	Max	0.068	-0.021	0.036	0.
8	0.5	DSTL13	Combination	Max	0.068	7.947E-03	0.036	0.
8	0.	DSTL13	Combination	Min	-0.068	-0.031	-0.036	0.
8	0.5	DSTL13	Combination	Min	-0.068	-2.636E-03	-0.036	0.
8	0.	DSTL14	Combination		1.636E-20	-0.032	0.	0.
8	0.5	DSTL14	Combination		1.636E-20	3.319E-03	0.	0.

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	Output Case	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m
8	0.	DSTL15	Combination		1.227E-20	-0.018	0.	0.
8	0.5	DSTL15	Combination		1.227E-20	0.018	0.	0.
9	0.	DEAD	LinStatic		1.636E-20	-3.319E-03	0.	0.
9	0.5	DEAD	LinStatic		1.636E-20	0.032	0.	0.
9	0.	LIVE	LinStatic		0.	-0.014	0.	0.
9	0.5	LIVE	LinStatic		0.	-0.014	0.	0.
9	0.	VIENTO	LinStatic		-9.621E-04	-0.012	-6.546E-03	0.
9	0.5	VIENTO	LinStatic		-9.621E-04	-0.012	0.042	0.
9	0.	GRANIZO	LinStatic		0.	-0.029	0.	0.
9	0.5	GRANIZO	LinStatic		0.	-0.029	0.	0.
9	0.	EX	LinResp Spec	Max	6.189E-04	0.013	7.897E-03	0.
9	0.5	EX	LinResp Spec	Max	6.189E-04	0.013	7.897E-03	0.
9	0.	EY	LinResp Spec	Max	0.068	5.292E-03	0.036	0.
9	0.5	EY	LinResp Spec	Max	0.068	5.292E-03	0.036	0.
9	0.	DSTL1	Combination		2.290E-20	-4.647E-03	1.217E-20	0.
9	0.5	DSTL1	Combination		2.290E-20	0.045	1.217E-20	0.

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	Output Case	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m
9	0.	DSTL2	Combination		0.	-0.042	0.	0.
9	0.5	DSTL2	Combination		0.	1.410E-03	0.	0.
9	0.	DSTL3	Combination		0.	-0.065	0.	0.
9	0.5	DSTL3	Combination		0.	-0.022	0.	0.
9	0.	DSTL4	Combination		-9.621E-04	-0.044	-6.546E-03	0.
9	0.5	DSTL4	Combination		-9.621E-04	-1.476E-03	0.042	0.
9	0.	DSTL5	Combination		9.621E-04	-0.021	6.546E-03	0.
9	0.5	DSTL5	Combination		9.621E-04	0.022	-0.042	0.
9	0.	DSTL6	Combination		-4.811E-04	-0.056	-3.273E-03	0.
9	0.5	DSTL6	Combination		-4.811E-04	-0.013	0.021	0.
9	0.	DSTL7	Combination		4.811E-04	-0.044	3.273E-03	0.
9	0.5	DSTL7	Combination		4.811E-04	-1.476E-03	-0.021	0.
9	0.	DSTL8	Combination		-9.621E-04	-0.015	-6.546E-03	0.
9	0.5	DSTL8	Combination		-9.621E-04	0.018	0.042	0.
9	0.	DSTL9	Combination		9.621E-04	8.558E-03	6.546E-03	0.
9	0.5	DSTL9	Combination		9.621E-04	0.041	-0.042	0.

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	Output Case	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m
9	0.	DSTL10	Combination	Max	6.189E-04	-0.011	7.897E-03	0.
9	0.5	DSTL10	Combination	Max	6.189E-04	0.035	7.897E-03	0.
9	0.	DSTL10	Combination	Min	-6.189E-04	-0.038	-7.897E-03	0.
9	0.5	DSTL10	Combination	Min	-6.189E-04	8.755E-03	-7.897E-03	0.
9	0.	DSTL11	Combination	Max	0.068	-0.019	0.036	0.
9	0.5	DSTL11	Combination	Max	0.068	0.027	0.036	0.
9	0.	DSTL11	Combination	Min	-0.068	-0.03	-0.036	0.
9	0.5	DSTL11	Combination	Min	-0.068	0.017	-0.036	0.
9	0.	DSTL12	Combination	Max	6.189E-04	0.011	7.897E-03	0.
9	0.5	DSTL12	Combination	Max	6.189E-04	0.039	7.897E-03	0.
9	0.	DSTL12	Combination	Min	-6.189E-04	-0.016	-7.897E-03	0.
9	0.5	DSTL12	Combination	Min	-6.189E-04	0.013	-7.897E-03	0.
9	0.	DSTL13	Combination	Max	0.068	2.636E-03	0.036	0.
9	0.5	DSTL13	Combination	Max	0.068	0.031	0.036	0.
9	0.	DSTL13	Combination	Min	-0.068	-7.947E-03	-0.036	0.
9	0.5	DSTL13	Combination	Min	-0.068	0.021	-0.036	0.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
9	0.	DSTL14	Combination		1.636E-20	-3.319E-03	0.	0.
9	0.5	DSTL14	Combination		1.636E-20	0.032	0.	0.
9	0.	DSTL15	Combination		1.227E-20	-0.018	0.	0.
9	0.5	DSTL15	Combination		1.227E-20	0.018	0.	0.
10	0.	DEAD	LinStatic		1.636E-20	-0.032	0.	0.
10	0.5	DEAD	LinStatic		1.636E-20	3.319E-03	0.	0.
10	0.	LIVE	LinStatic		0.	0.014	0.	0.
10	0.5	LIVE	LinStatic		0.	0.014	0.	0.
10	0.	VIENTO	LinStatic		9.621E-04	0.012	-0.042	0.
10	0.5	VIENTO	LinStatic		9.621E-04	0.012	6.546E-03	0.
10	0.	GRANIZO	LinStatic		0.	0.029	0.	0.
10	0.5	GRANIZO	LinStatic		0.	0.029	0.	0.
10	0.	EX	LinResp Spec	Max	6.189E-04	0.013	7.897E-03	0.
10	0.5	EX	LinResp Spec	Max	6.189E-04	0.013	7.897E-03	0.
10	0.	EY	LinResp Spec	Max	0.068	5.292E-03	0.036	0.
10	0.5	EY	LinResp Spec	Max	0.068	5.292E-03	0.036	0.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	Output Case	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m
10	0.	DSTL1	Combination		2.290E-20	-0.045	1.217E-20	0.
10	0.5	DSTL1	Combination		2.290E-20	4.647E-03	1.217E-20	0.
10	0.	DSTL2	Combination		0.	-1.410E-03	0.	0.
10	0.5	DSTL2	Combination		0.	0.042	0.	0.
10	0.	DSTL3	Combination		0.	0.022	0.	0.
10	0.5	DSTL3	Combination		0.	0.065	0.	0.
10	0.	DSTL4	Combination		9.621E-04	1.476E-03	-0.042	0.
10	0.5	DSTL4	Combination		9.621E-04	0.044	6.546E-03	0.
10	0.	DSTL5	Combination		-9.621E-04	-0.022	0.042	0.
10	0.5	DSTL5	Combination		-9.621E-04	0.021	-6.546E-03	0.
10	0.	DSTL6	Combination		4.811E-04	0.013	-0.021	0.
10	0.5	DSTL6	Combination		4.811E-04	0.056	3.273E-03	0.
10	0.	DSTL7	Combination		-4.811E-04	1.476E-03	0.021	0.
10	0.5	DSTL7	Combination		-4.811E-04	0.044	-3.273E-03	0.
10	0.	DSTL8	Combination		9.621E-04	-0.018	-0.042	0.
10	0.5	DSTL8	Combination		9.621E-04	0.015	6.546E-03	0.

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	Output Case	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m
10	0.	DSTL9	Combination		-9.621E-04	-0.041	0.042	0.
10	0.5	DSTL9	Combination		-9.621E-04	-8.558E-03	-6.546E-03	0.
10	0.	DSTL10	Combination	Max	6.189E-04	-8.755E-03	7.897E-03	0.
10	0.5	DSTL10	Combination	Max	6.189E-04	0.038	7.897E-03	0.
10	0.	DSTL10	Combination	Min	-6.189E-04	-0.035	-7.897E-03	0.
10	0.5	DSTL10	Combination	Min	-6.189E-04	0.011	-7.897E-03	0.
10	0.	DSTL11	Combination	Max	0.068	-0.017	0.036	0.
10	0.5	DSTL11	Combination	Max	0.068	0.03	0.036	0.
10	0.	DSTL11	Combination	Min	-0.068	-0.027	-0.036	0.
10	0.5	DSTL11	Combination	Min	-0.068	0.019	-0.036	0.
10	0.	DSTL12	Combination	Max	6.189E-04	-0.013	7.897E-03	0.
10	0.5	DSTL12	Combination	Max	6.189E-04	0.016	7.897E-03	0.
10	0.	DSTL12	Combination	Min	-6.189E-04	-0.039	-7.897E-03	0.
10	0.5	DSTL12	Combination	Min	-6.189E-04	-0.011	-7.897E-03	0.
10	0.	DSTL13	Combination	Max	0.068	-0.021	0.036	0.
10	0.5	DSTL13	Combination	Max	0.068	7.947E-03	0.036	0.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station	Output Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T
	m				KN	KN	KN	KN-m
10	0.	DSTL13	Combination	Min	-0.068	-0.031	-0.036	0.
10	0.5	DSTL13	Combination	Min	-0.068	-2.636E-03	-0.036	0.
10	0.	DSTL14	Combination		1.636E-20	-0.032	0.	0.
10	0.5	DSTL14	Combination		1.636E-20	3.319E-03	0.	0.
10	0.	DSTL15	Combination		1.227E-20	-0.018	0.	0.
10	0.5	DSTL15	Combination		1.227E-20	0.018	0.	0.
11	0.	DEAD	LinStatic		1.636E-20	-0.032	0.	0.
11	0.5	DEAD	LinStatic		1.636E-20	3.319E-03	0.	0.
11	0.	LIVE	LinStatic		0.	0.014	0.	0.
11	0.5	LIVE	LinStatic		0.	0.014	0.	0.
11	0.	VIENTO	LinStatic		9.621E-04	0.012	0.042	0.
11	0.5	VIENTO	LinStatic		9.621E-04	0.012	-6.546E-03	0.
11	0.	GRANIZO	LinStatic		0.	0.029	0.	0.
11	0.5	GRANIZO	LinStatic		0.	0.029	0.	0.
11	0.	EX	LinResp Spec	Max	6.189E-04	0.013	7.897E-03	0.
11	0.5	EX	LinResp Spec	Max	6.189E-04	0.013	7.897E-03	0.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	Output Case	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m
11	0.	EY	LinResp Spec	Max	0.068	5.292E-03	0.036	0.
11	0.5	EY	LinResp Spec	Max	0.068	5.292E-03	0.036	0.
11	0.	DSTL1	Combina tion		2.290E-20	-0.045	-1.217E-20	0.
11	0.5	DSTL1	Combina tion		2.290E-20	4.647E-03	-1.217E-20	0.
11	0.	DSTL2	Combina tion		0.	-1.410E-03	0.	0.
11	0.5	DSTL2	Combina tion		0.	0.042	0.	0.
11	0.	DSTL3	Combina tion		0.	0.022	0.	0.
11	0.5	DSTL3	Combina tion		0.	0.065	0.	0.
11	0.	DSTL4	Combina tion		9.621E-04	1.476E-03	0.042	0.
11	0.5	DSTL4	Combina tion		9.621E-04	0.044	-6.546E-03	0.
11	0.	DSTL5	Combina tion		-9.621E-04	-0.022	-0.042	0.
11	0.5	DSTL5	Combina tion		-9.621E-04	0.021	6.546E-03	0.
11	0.	DSTL6	Combina tion		4.811E-04	0.013	0.021	0.
11	0.5	DSTL6	Combina tion		4.811E-04	0.056	-3.273E-03	0.
11	0.	DSTL7	Combina tion		-4.811E-04	1.476E-03	-0.021	0.
11	0.5	DSTL7	Combina tion		-4.811E-04	0.044	3.273E-03	0.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	Output Case	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m
11	0.	DSTL8	Combination		9.621E-04	-0.018	0.042	0.
11	0.5	DSTL8	Combination		9.621E-04	0.015	-6.546E-03	0.
11	0.	DSTL9	Combination		-9.621E-04	-0.041	-0.042	0.
11	0.5	DSTL9	Combination		-9.621E-04	-8.558E-03	6.546E-03	0.
11	0.	DSTL10	Combination	Max	6.189E-04	-8.755E-03	7.897E-03	0.
11	0.5	DSTL10	Combination	Max	6.189E-04	0.038	7.897E-03	0.
11	0.	DSTL10	Combination	Min	-6.189E-04	-0.035	-7.897E-03	0.
11	0.5	DSTL10	Combination	Min	-6.189E-04	0.011	-7.897E-03	0.
11	0.	DSTL11	Combination	Max	0.068	-0.017	0.036	0.
11	0.5	DSTL11	Combination	Max	0.068	0.03	0.036	0.
11	0.	DSTL11	Combination	Min	-0.068	-0.027	-0.036	0.
11	0.5	DSTL11	Combination	Min	-0.068	0.019	-0.036	0.
11	0.	DSTL12	Combination	Max	6.189E-04	-0.013	7.897E-03	0.
11	0.5	DSTL12	Combination	Max	6.189E-04	0.016	7.897E-03	0.
11	0.	DSTL12	Combination	Min	-6.189E-04	-0.039	-7.897E-03	0.
11	0.5	DSTL12	Combination	Min	-6.189E-04	-0.011	-7.897E-03	0.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 1 of 2**

Frame	Station m	Output Case	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m
11	0.	DSTL13	Combination	Max	0.068	-0.021	0.036	0.
11	0.5	DSTL13	Combination	Max	0.068	7.947E-03	0.036	0.
11	0.	DSTL13	Combination	Min	-0.068	-0.031	-0.036	0.
11	0.5	DSTL13	Combination	Min	-0.068	-2.636E-03	-0.036	0.
11	0.	DSTL14	Combination		1.636E-20	-0.032	0.	0.
11	0.5	DSTL14	Combination		1.636E-20	3.319E-03	0.	0.
11	0.	DSTL15	Combination		1.227E-20	-0.018	0.	0.
11	0.5	DSTL15	Combination		1.227E-20	0.018	0.	0.

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	Output Case	StepType	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElement	ElementStation m
1	0.	DEAD		-2.602E-18	1.177E-16	1-1	0.
1	1.5	DEAD		-2.602E-18	1.274E-16	1-1	1.5
1	3.	DEAD		-2.602E-18	1.372E-16	1-1	3.
1	0.	LIVE		-2.602E-18	-8.333E-17	1-1	0.



Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m		e	KN-m	KN-m		m
1	1.5	LIVE		-2.602E-18	-8.576E-17	1-1	1.5
1	3.	LIVE		-2.602E-18	-8.820E-17	1-1	3.
1	0.	VIENTO		-2.331E-15	1.0154	1-1	0.
1	1.5	VIENTO		-1.167E-15	0.3989	1-1	1.5
1	3.	VIENTO		-2.602E-18	-1.243E-14	1-1	3.
1	0.	GRANIZO		-5.204E-18	-1.667E-16	1-1	0.
1	1.5	GRANIZO		-5.204E-18	-1.715E-16	1-1	1.5
1	3.	GRANIZO		-5.204E-18	-1.764E-16	1-1	3.
1	0.	EX	Max	1.570E-14	1.0703	1-1	0.
1	1.5	EX	Max	7.856E-15	0.6292	1-1	1.5
1	3.	EX	Max	1.464E-15	0.2755	1-1	3.
1	0.	EY	Max	1.188	1.467E-14	1-1	0.
1	1.5	EY	Max	0.5978	8.592E-15	1-1	1.5
1	3.	EY	Max	0.0106	2.650E-15	1-1	3.
1	0.	DSTL1		-3.643E-18	1.648E-16	1-1	0.
1	1.5	DSTL1		-3.643E-18	1.784E-16	1-1	1.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m		e	KN-m	KN-m		m
1	3.	DSTL1		-3.643E-18	1.920E-16	1-1	3.
1	0.	DSTL2		-9.888E-18	-7.543E-17	1-1	0.
1	1.5	DSTL2		-9.888E-18	-7.008E-17	1-1	1.5
1	3.	DSTL2		-9.888E-18	-6.473E-17	1-1	3.
1	0.	DSTL3		-1.405E-17	-2.088E-16	1-1	0.
1	1.5	DSTL3		-1.405E-17	-2.073E-16	1-1	1.5
1	3.	DSTL3		-1.405E-17	-2.058E-16	1-1	3.
1	0.	DSTL4		-2.339E-15	1.0154	1-1	0.
1	1.5	DSTL4		-1.175E-15	0.3989	1-1	1.5
1	3.	DSTL4		-1.093E-17	-1.245E-14	1-1	3.
1	0.	DSTL5		2.322E-15	-1.0154	1-1	0.
1	1.5	DSTL5		1.158E-15	-0.3989	1-1	1.5
1	3.	DSTL5		-5.725E-18	1.242E-14	1-1	3.
1	0.	DSTL6		-1.177E-15	0.5077	1-1	0.
1	1.5	DSTL6		-5.947E-16	0.1995	1-1	1.5
1	3.	DSTL6		-1.275E-17	-6.335E-15	1-1	3.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	Output Case	StepType	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameEl em	ElemSta tion m
1	0.	DSTL7		1.154E- 15	-0.5077	1-1	0.
1	1.5	DSTL7		5.718E- 16	-0.1995	1-1	1.5
1	3.	DSTL7		-1.015E- 17	6.100E- 15	1-1	3.
1	0.	DSTL8		-2.333E- 15	1.0154	1-1	0.
1	1.5	DSTL8		-1.169E- 15	0.3989	1-1	1.5
1	3.	DSTL8		-4.944E- 18	-1.231E- 14	1-1	3.
1	0.	DSTL9		2.328E- 15	-1.0154	1-1	0.
1	1.5	DSTL9		1.164E- 15	-0.3989	1-1	1.5
1	3.	DSTL9		2.602E- 19	1.256E- 14	1-1	3.
1	0.	DSTL10	Max	1.569E- 14	1.0703	1-1	0.
1	1.5	DSTL10	Max	7.849E- 15	0.6292	1-1	1.5
1	3.	DSTL10	Max	1.457E- 15	0.2755	1-1	3.
1	0.	DSTL10	Min	-1.571E- 14	-1.0703	1-1	0.
1	1.5	DSTL10	Min	-7.863E- 15	-0.6292	1-1	1.5
1	3.	DSTL10	Min	-1.471E- 15	-0.2755	1-1	3.
1	0.	DSTL11	Max	1.188	1.471E- 14	1-1	0.





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m			KN-m	KN-m		m
1	1.5	DSTL11	Max	0.5978	8.638E-15	1-1	1.5
1	3.	DSTL11	Max	0.0106	2.705E-15	1-1	3.
1	0.	DSTL11	Min	-1.188	-1.464E-14	1-1	0.
1	1.5	DSTL11	Min	-0.5978	-8.546E-15	1-1	1.5
1	3.	DSTL11	Min	-0.0106	-2.595E-15	1-1	3.
1	0.	DSTL12	Max	1.570E-14	1.0703	1-1	0.
1	1.5	DSTL12	Max	7.854E-15	0.6292	1-1	1.5
1	3.	DSTL12	Max	1.462E-15	0.2755	1-1	3.
1	0.	DSTL12	Min	-1.570E-14	-1.0703	1-1	0.
1	1.5	DSTL12	Min	-7.858E-15	-0.6292	1-1	1.5
1	3.	DSTL12	Min	-1.466E-15	-0.2755	1-1	3.
1	0.	DSTL13	Max	1.188	1.477E-14	1-1	0.
1	1.5	DSTL13	Max	0.5978	8.694E-15	1-1	1.5
1	3.	DSTL13	Max	0.0106	2.760E-15	1-1	3.
1	0.	DSTL13	Min	-1.188	-1.458E-14	1-1	0.
1	1.5	DSTL13	Min	-0.5978	-8.490E-15	1-1	1.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m		e	KN-m	KN-m		m
1	3.	DSTL13	Min	-0.0106	-2.540E-15	1-1	3.
1	0.	DSTL14		-2.602E-18	1.177E-16	1-1	0.
1	1.5	DSTL14		-2.602E-18	1.274E-16	1-1	1.5
1	3.	DSTL14		-2.602E-18	1.372E-16	1-1	3.
1	0.	DSTL15		-5.204E-18	3.436E-17	1-1	0.
1	1.5	DSTL15		-5.204E-18	4.166E-17	1-1	1.5
1	3.	DSTL15		-5.204E-18	4.895E-17	1-1	3.
2	0.	DEAD		0.	-0.1678	2-1	0.
2	0.5	DEAD		0.	-0.094	2-1	0.5
2	1.	DEAD		0.	-0.0381	2-1	1.
2	1.5	DEAD		0.	-1.926E-16	2-1	1.5
2	0.	LIVE		0.	0.0866	2-1	0.
2	0.5	LIVE		0.	0.0577	2-1	0.5
2	1.	LIVE		0.	0.0289	2-1	1.
2	1.5	LIVE		0.	6.245E-17	2-1	1.5
2	0.	VIENTO		1.699E-14	0.0693	2-1	0.
2	0.5	VIENTO		1.035E-14	0.0462	2-1	0.5
2	1.	VIENTO		3.721E-15	0.0231	2-1	1.





**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	Output Case	StepType	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameEl em	ElemSta tion m
2	1.5	VIENTO		-2.912E-15	2.220E-15	2-1	1.5
2	0.	GRANIZ O		0.	0.1732	2-1	0.
2	0.5	GRANIZ O		0.	0.1155	2-1	0.5
2	1.	GRANIZ O		0.	0.0577	2-1	1.
2	1.5	GRANIZ O		0.	1.249E-16	2-1	1.5
2	0.	EX	Max	3.444E-14	0.1378	2-1	0.
2	0.5	EX	Max	2.107E-14	0.0918	2-1	0.5
2	1.	EX	Max	8.700E-15	0.0459	2-1	1.
2	1.5	EX	Max	9.035E-15	3.646E-15	2-1	1.5
2	0.	EY	Max	0.1223	2.848E-15	2-1	0.
2	0.5	EY	Max	0.0686	1.956E-15	2-1	0.5
2	1.	EY	Max	0.0148	1.190E-15	2-1	1.
2	1.5	EY	Max	0.0389	9.399E-16	2-1	1.5
2	0.	DSTL1		0.	-0.235	2-1	0.
2	0.5	DSTL1		0.	-0.1316	2-1	0.5
2	1.	DSTL1		0.	-0.0533	2-1	1.
2	1.5	DSTL1		0.	-2.696E-16	2-1	1.5





**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	Output Case	StepType	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameEl em	ElemSta tion m
2	0.	DSTL2		0.	0.0237	2-1	0.
2	0.5	DSTL2		0.	0.0373	2-1	0.5
2	1.	DSTL2		0.	0.0294	2-1	1.
2	1.5	DSTL2		0.	-6.870E-17	2-1	1.5
2	0.	DSTL3		0.	0.1623	2-1	0.
2	0.5	DSTL3		0.	0.1296	2-1	0.5
2	1.	DSTL3		0.	0.0756	2-1	1.
2	1.5	DSTL3		0.	3.123E-17	2-1	1.5
2	0.	DSTL4		1.699E-14	0.041	2-1	0.
2	0.5	DSTL4		1.035E-14	0.0488	2-1	0.5
2	1.	DSTL4		3.721E-15	0.0351	2-1	1.
2	1.5	DSTL4		-2.912E-15	2.114E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL5		-1.699E-14	-0.0975	2-1	0.
2	0.5	DSTL5		-1.035E-14	-0.0435	2-1	0.5
2	1.	DSTL5		-3.721E-15	-0.011	2-1	1.
2	1.5	DSTL5		2.912E-15	-2.327E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL6		8.493E-15	0.1103	2-1	0.
2	0.5	DSTL6		5.177E-15	0.095	2-1	0.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	Output Case	StepType	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameEl em	ElemSta tion m
2	1.	DSTL6		1.860E-15	0.0582	2-1	1.
2	1.5	DSTL6		-1.456E-15	1.079E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL7		-8.493E-15	0.041	2-1	0.
2	0.5	DSTL7		-5.177E-15	0.0488	2-1	0.5
2	1.	DSTL7		-1.860E-15	0.0351	2-1	1.
2	1.5	DSTL7		1.456E-15	-1.141E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL8		1.699E-14	-0.0818	2-1	0.
2	0.5	DSTL8		1.035E-14	-0.0384	2-1	0.5
2	1.	DSTL8		3.721E-15	-0.0112	2-1	1.
2	1.5	DSTL8		-2.912E-15	2.047E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL9		-1.699E-14	-0.2203	2-1	0.
2	0.5	DSTL9		-1.035E-14	-0.1308	2-1	0.5
2	1.	DSTL9		-3.721E-15	-0.0574	2-1	1.
2	1.5	DSTL9		2.912E-15	-2.394E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL10	Max	3.444E-14	0.0408	2-1	0.
2	0.5	DSTL10	Max	2.107E-14	0.0504	2-1	0.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	Output Case	StepType	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameEl em	ElemSta tion m
2	1.	DSTL10	Max	8.700E-15	0.0368	2-1	1.
2	1.5	DSTL10	Max	9.035E-15	3.484E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL10	Min	-3.444E-14	-0.2347	2-1	0.
2	0.5	DSTL10	Min	-2.107E-14	-0.1332	2-1	0.5
2	1.	DSTL10	Min	-8.700E-15	-0.055	2-1	1.
2	1.5	DSTL10	Min	-9.035E-15	-3.809E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL11	Max	0.1223	-0.097	2-1	0.
2	0.5	DSTL11	Max	0.0686	-0.0414	2-1	0.5
2	1.	DSTL11	Max	0.0148	-0.0091	2-1	1.
2	1.5	DSTL11	Max	0.0389	7.770E-16	2-1	1.5
2	0.	DSTL11	Min	-0.1223	-0.097	2-1	0.
2	0.5	DSTL11	Min	-0.0686	-0.0414	2-1	0.5
2	1.	DSTL11	Min	-0.0148	-0.0091	2-1	1.
2	1.5	DSTL11	Min	-0.0389	-1.103E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL12	Max	3.444E-14	0.0035	2-1	0.
2	0.5	DSTL12	Max	2.107E-14	0.0166	2-1	0.5
2	1.	DSTL12	Max	8.700E-15	0.0155	2-1	1.
2	1.5	DSTL12	Max	9.035E-15	3.492E-15	2-1	1.5





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m			KN-m	KN-m		m
2	0.	DSTL12	Min	-3.444E-14	-0.272	2-1	0.
2	0.5	DSTL12	Min	-2.107E-14	-0.167	2-1	0.5
2	1.	DSTL12	Min	-8.700E-15	-0.0764	2-1	1.
2	1.5	DSTL12	Min	-9.035E-15	-3.801E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL13	Max	0.1223	-0.1343	2-1	0.
2	0.5	DSTL13	Max	0.0686	-0.0752	2-1	0.5
2	1.	DSTL13	Max	0.0148	-0.0305	2-1	1.
2	1.5	DSTL13	Max	0.0389	7.859E-16	2-1	1.5
2	0.	DSTL13	Min	-0.1223	-0.1343	2-1	0.
2	0.5	DSTL13	Min	-0.0686	-0.0752	2-1	0.5
2	1.	DSTL13	Min	-0.0148	-0.0305	2-1	1.
2	1.5	DSTL13	Min	-0.0389	-1.094E-15	2-1	1.5
2	0.	DSTL14		0.	-0.1678	2-1	0.
2	0.5	DSTL14		0.	-0.094	2-1	0.5
2	1.	DSTL14		0.	-0.0381	2-1	1.
2	1.5	DSTL14		0.	-1.926E-16	2-1	1.5
2	0.	DSTL15		0.	-0.0813	2-1	0.
2	0.5	DSTL15		0.	-0.0363	2-1	0.5
2	1.	DSTL15		0.	-0.0092	2-1	1.
2	1.5	DSTL15		0.	-1.301E-16	2-1	1.5
5	0.	DEAD		0.	-0.1678	5-1	0.
5	0.5	DEAD		0.	-0.094	5-1	0.5
5	1.	DEAD		0.	-0.0381	5-1	1.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m		e	KN-m	KN-m		m
5	1.5	DEAD		0.	-1.787E-16	5-1	1.5
5	0.	LIVE		0.	0.0866	5-1	0.
5	0.5	LIVE		0.	0.0577	5-1	0.5
5	1.	LIVE		0.	0.0289	5-1	1.
5	1.5	LIVE		0.	4.163E-17	5-1	1.5
5	0.	VIENTO		1.836E-14	0.0693	5-1	0.
5	0.5	VIENTO		1.134E-14	0.0462	5-1	0.5
5	1.	VIENTO		4.324E-15	0.0231	5-1	1.
5	1.5	VIENTO		-2.696E-15	-2.442E-15	5-1	1.5
5	0.	GRANIZO		0.	0.1732	5-1	0.
5	0.5	GRANIZO		0.	0.1155	5-1	0.5
5	1.	GRANIZO		0.	0.0577	5-1	1.
5	1.5	GRANIZO		0.	8.327E-17	5-1	1.5
5	0.	EX	Max	3.717E-14	0.1378	5-1	0.
5	0.5	EX	Max	2.288E-14	0.0918	5-1	0.5
5	1.	EX	Max	9.233E-15	0.0459	5-1	1.
5	1.5	EX	Max	8.195E-15	3.110E-15	5-1	1.5





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m			KN-m	KN-m		m
5	0.	EY	Max	0.1223	3.366E-15	5-1	0.
5	0.5	EY	Max	0.0686	2.259E-15	5-1	0.5
5	1.	EY	Max	0.0148	1.153E-15	5-1	1.
5	1.5	EY	Max	0.0389	8.816E-17	5-1	1.5
5	0.	DSTL1		0.	-0.235	5-1	0.
5	0.5	DSTL1		0.	-0.1316	5-1	0.5
5	1.	DSTL1		0.	-0.0533	5-1	1.
5	1.5	DSTL1		0.	-2.501E-16	5-1	1.5
5	0.	DSTL2		0.	0.0237	5-1	0.
5	0.5	DSTL2		0.	0.0373	5-1	0.5
5	1.	DSTL2		0.	0.0294	5-1	1.
5	1.5	DSTL2		0.	-1.062E-16	5-1	1.5
5	0.	DSTL3		0.	0.1623	5-1	0.
5	0.5	DSTL3		0.	0.1296	5-1	0.5
5	1.	DSTL3		0.	0.0756	5-1	1.
5	1.5	DSTL3		0.	-3.955E-17	5-1	1.5
5	0.	DSTL4		1.836E-14	0.041	5-1	0.
5	0.5	DSTL4		1.134E-14	0.0488	5-1	0.5
5	1.	DSTL4		4.324E-15	0.0351	5-1	1.
5	1.5	DSTL4		-2.696E-15	-2.574E-15	5-1	1.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	Output Case	StepType	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameEl em	ElemSta tion m
5	0.	DSTL5		-1.836E-14	-0.0975	5-1	0.
5	0.5	DSTL5		-1.134E-14	-0.0435	5-1	0.5
5	1.	DSTL5		-4.324E-15	-0.011	5-1	1.
5	1.5	DSTL5		2.696E-15	2.311E-15	5-1	1.5
5	0.	DSTL6		9.182E-15	0.1103	5-1	0.
5	0.5	DSTL6		5.672E-15	0.095	5-1	0.5
5	1.	DSTL6		2.162E-15	0.0582	5-1	1.
5	1.5	DSTL6		-1.348E-15	-1.302E-15	5-1	1.5
5	0.	DSTL7		-9.182E-15	0.041	5-1	0.
5	0.5	DSTL7		-5.672E-15	0.0488	5-1	0.5
5	1.	DSTL7		-2.162E-15	0.0351	5-1	1.
5	1.5	DSTL7		1.348E-15	1.140E-15	5-1	1.5
5	0.	DSTL8		1.836E-14	-0.0818	5-1	0.
5	0.5	DSTL8		1.134E-14	-0.0384	5-1	0.5
5	1.	DSTL8		4.324E-15	-0.0112	5-1	1.
5	1.5	DSTL8		-2.696E-15	-2.603E-15	5-1	1.5





**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	Output Case	StepType	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameEl em	ElemSta tion m
5	0.	DSTL9		-1.836E-14	-0.2203	5-1	0.
5	0.5	DSTL9		-1.134E-14	-0.1308	5-1	0.5
5	1.	DSTL9		-4.324E-15	-0.0574	5-1	1.
5	1.5	DSTL9		2.696E-15	2.282E-15	5-1	1.5
5	0.	DSTL10	Max	3.717E-14	0.0408	5-1	0.
5	0.5	DSTL10	Max	2.288E-14	0.0504	5-1	0.5
5	1.	DSTL10	Max	9.233E-15	0.0368	5-1	1.
5	1.5	DSTL10	Max	8.195E-15	2.936E-15	5-1	1.5
5	0.	DSTL10	Min	-3.717E-14	-0.2347	5-1	0.
5	0.5	DSTL10	Min	-2.288E-14	-0.1332	5-1	0.5
5	1.	DSTL10	Min	-9.233E-15	-0.055	5-1	1.
5	1.5	DSTL10	Min	-8.195E-15	-3.284E-15	5-1	1.5
5	0.	DSTL11	Max	0.1223	-0.097	5-1	0.
5	0.5	DSTL11	Max	0.0686	-0.0414	5-1	0.5
5	1.	DSTL11	Max	0.0148	-0.0091	5-1	1.
5	1.5	DSTL11	Max	0.0389	-8.583E-17	5-1	1.5
5	0.	DSTL11	Min	-0.1223	-0.097	5-1	0.
5	0.5	DSTL11	Min	-0.0686	-0.0414	5-1	0.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m			KN-m	KN-m		m
5	1.	DSTL11	Min	-0.0148	-0.0091	5-1	1.
5	1.5	DSTL11	Min	-0.0389	-2.622E-16	5-1	1.5
5	0.	DSTL12	Max	3.717E-14	0.0035	5-1	0.
5	0.5	DSTL12	Max	2.288E-14	0.0166	5-1	0.5
5	1.	DSTL12	Max	9.233E-15	0.0155	5-1	1.
5	1.5	DSTL12	Max	8.195E-15	2.967E-15	5-1	1.5
5	0.	DSTL12	Min	-3.717E-14	-0.272	5-1	0.
5	0.5	DSTL12	Min	-2.288E-14	-0.167	5-1	0.5
5	1.	DSTL12	Min	-9.233E-15	-0.0764	5-1	1.
5	1.5	DSTL12	Min	-8.195E-15	-3.252E-15	5-1	1.5
5	0.	DSTL13	Max	0.1223	-0.1343	5-1	0.
5	0.5	DSTL13	Max	0.0686	-0.0752	5-1	0.5
5	1.	DSTL13	Max	0.0148	-0.0305	5-1	1.
5	1.5	DSTL13	Max	0.0389	-5.478E-17	5-1	1.5
5	0.	DSTL13	Min	-0.1223	-0.1343	5-1	0.
5	0.5	DSTL13	Min	-0.0686	-0.0752	5-1	0.5
5	1.	DSTL13	Min	-0.0148	-0.0305	5-1	1.
5	1.5	DSTL13	Min	-0.0389	-2.311E-16	5-1	1.5
5	0.	DSTL14		0.	-0.1678	5-1	0.
5	0.5	DSTL14		0.	-0.094	5-1	0.5





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m		e	KN-m	KN-m		m
5	1.	DSTL14		0.	-0.0381	5-1	1.
5	1.5	DSTL14		0.	-1.787E-16	5-1	1.5
5	0.	DSTL15		0.	-0.0813	5-1	0.
5	0.5	DSTL15		0.	-0.0363	5-1	0.5
5	1.	DSTL15		0.	-0.0092	5-1	1.
5	1.5	DSTL15		0.	-1.370E-16	5-1	1.5
8	0.	DEAD		0.	-0.0073	8-1	0.
8	0.5	DEAD		0.	-8.309E-16	8-1	0.5
8	0.	LIVE		0.	0.0072	8-1	0.
8	0.5	LIVE		0.	-2.220E-16	8-1	0.5
8	0.	VIENTO		-0.0088	0.0058	8-1	0.
8	0.5	VIENTO		6.298E-05	0.	8-1	0.5
8	0.	GRANIZO		0.	0.0144	8-1	0.
8	0.5	GRANIZO		0.	-4.441E-16	8-1	0.5
8	0.	EX	Max	0.0038	0.0066	8-1	0.
8	0.5	EX	Max	1.024E-04	8.969E-15	8-1	0.5
8	0.	EY	Max	0.0187	0.0026	8-1	0.
8	0.5	EY	Max	7.459E-04	2.017E-16	8-1	0.5
8	0.	DSTL1		0.	-0.0102	8-1	0.
8	0.5	DSTL1		0.	-1.163E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL2		0.	0.01	8-1	0.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElem	ElemStation
	m			KN-m	KN-m		m
8	0.5	DSTL2		0.	-1.574E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL3		0.	0.0216	8-1	0.
8	0.5	DSTL3		0.	-1.930E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL4		-0.0088	0.0115	8-1	0.
8	0.5	DSTL4		6.298E-05	-1.441E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL5		0.0088	-7.832E-05	8-1	0.
8	0.5	DSTL5		-6.298E-05	-1.441E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL6		-0.0044	0.0172	8-1	0.
8	0.5	DSTL6		3.149E-05	-1.708E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL7		0.0044	0.0115	8-1	0.
8	0.5	DSTL7		-3.149E-05	-1.708E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL8		-0.0088	-7.804E-04	8-1	0.
8	0.5	DSTL8		6.298E-05	-7.478E-16	8-1	0.5
8	0.	DSTL9		0.0088	-0.0123	8-1	0.
8	0.5	DSTL9		-6.298E-05	-7.478E-16	8-1	0.5
8	0.	DSTL10	Max	0.0038	0.0072	8-1	0.
8	0.5	DSTL10	Max	1.024E-04	7.578E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL10	Min	-0.0038	-0.006	8-1	0.
8	0.5	DSTL10	Min	-1.024E-04	-1.036E-14	8-1	0.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m			KN-m	KN-m		m
8	0.	DSTL11	Max	0.0187	0.0033	8-1	0.
8	0.5	DSTL11	Max	7.459E-04	-1.189E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL11	Min	-0.0187	-0.002	8-1	0.
8	0.5	DSTL11	Min	-7.459E-04	-1.593E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL12	Max	0.0038	7.841E-04	8-1	0.
8	0.5	DSTL12	Max	1.024E-04	8.305E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL12	Min	-0.0038	-0.0124	8-1	0.
8	0.5	DSTL12	Min	-1.024E-04	-9.634E-15	8-1	0.5
8	0.	DSTL13	Max	0.0187	-0.0032	8-1	0.
8	0.5	DSTL13	Max	7.459E-04	-4.631E-16	8-1	0.5
8	0.	DSTL13	Min	-0.0187	-0.0085	8-1	0.
8	0.5	DSTL13	Min	-7.459E-04	-8.664E-16	8-1	0.5
8	0.	DSTL14		0.	-0.0073	8-1	0.
8	0.5	DSTL14		0.	-8.309E-16	8-1	0.5
8	0.	DSTL15		0.	-6.526E-05	8-1	0.
8	0.5	DSTL15		0.	-1.053E-15	8-1	0.5
9	0.	DEAD		0.	0.	9-1	0.
9	0.5	DEAD		0.	-0.0073	9-1	0.5
9	0.	LIVE		0.	0.	9-1	0.
9	0.5	LIVE		0.	0.0072	9-1	0.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m			KN-m	KN-m		m
9	0.	VIENTO		6.298E-05	0.	9-1	0.
9	0.5	VIENTO		-0.0088	0.0058	9-1	0.5
9	0.	GRANIZO		0.	0.	9-1	0.
9	0.5	GRANIZO		0.	0.0144	9-1	0.5
9	0.	EX	Max	1.024E-04	9.130E-15	9-1	0.
9	0.5	EX	Max	0.0038	0.0066	9-1	0.5
9	0.	EY	Max	7.459E-04	4.018E-15	9-1	0.
9	0.5	EY	Max	0.0187	0.0026	9-1	0.5
9	0.	DSTL1		0.	0.	9-1	0.
9	0.5	DSTL1		0.	-0.0102	9-1	0.5
9	0.	DSTL2		0.	0.	9-1	0.
9	0.5	DSTL2		0.	0.01	9-1	0.5
9	0.	DSTL3		0.	0.	9-1	0.
9	0.5	DSTL3		0.	0.0216	9-1	0.5
9	0.	DSTL4		6.298E-05	0.	9-1	0.
9	0.5	DSTL4		-0.0088	0.0115	9-1	0.5
9	0.	DSTL5		-6.298E-05	0.	9-1	0.
9	0.5	DSTL5		0.0088	-7.832E-05	9-1	0.5
9	0.	DSTL6		3.149E-05	0.	9-1	0.
9	0.5	DSTL6		-0.0044	0.0172	9-1	0.5
9	0.	DSTL7		-3.149E-05	0.	9-1	0.





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m			KN-m	KN-m		m
9	0.5	DSTL7		0.0044	0.0115	9-1	0.5
9	0.	DSTL8		6.298E-05	0.	9-1	0.
9	0.5	DSTL8		-0.0088	-7.804E-04	9-1	0.5
9	0.	DSTL9		-6.298E-05	0.	9-1	0.
9	0.5	DSTL9		0.0088	-0.0123	9-1	0.5
9	0.	DSTL10	Max	1.024E-04	9.130E-15	9-1	0.
9	0.5	DSTL10	Max	0.0038	0.0072	9-1	0.5
9	0.	DSTL10	Min	-1.024E-04	-9.130E-15	9-1	0.
9	0.5	DSTL10	Min	-0.0038	-0.006	9-1	0.5
9	0.	DSTL11	Max	7.459E-04	4.018E-15	9-1	0.
9	0.5	DSTL11	Max	0.0187	0.0033	9-1	0.5
9	0.	DSTL11	Min	-7.459E-04	-4.018E-15	9-1	0.
9	0.5	DSTL11	Min	-0.0187	-0.002	9-1	0.5
9	0.	DSTL12	Max	1.024E-04	9.130E-15	9-1	0.
9	0.5	DSTL12	Max	0.0038	7.841E-04	9-1	0.5
9	0.	DSTL12	Min	-1.024E-04	-9.130E-15	9-1	0.
9	0.5	DSTL12	Min	-0.0038	-0.0124	9-1	0.5
9	0.	DSTL13	Max	7.459E-04	4.018E-15	9-1	0.
9	0.5	DSTL13	Max	0.0187	-0.0032	9-1	0.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m		e	KN-m	KN-m		m
9	0.	DSTL13	Min	-7.459E-04	-4.018E-15	9-1	0.
9	0.5	DSTL13	Min	-0.0187	-0.0085	9-1	0.5
9	0.	DSTL14		0.	0.	9-1	0.
9	0.5	DSTL14		0.	-0.0073	9-1	0.5
9	0.	DSTL15		0.	0.	9-1	0.
9	0.5	DSTL15		0.	-6.526E-05	9-1	0.5
10	0.	DEAD		0.	-0.0073	10-1	0.
10	0.5	DEAD		0.	-3.868E-16	10-1	0.5
10	0.	LIVE		0.	0.0072	10-1	0.
10	0.5	LIVE		0.	2.220E-16	10-1	0.5
10	0.	VIENTO		-0.0088	0.0058	10-1	0.
10	0.5	VIENTO		6.298E-05	0.	10-1	0.5
10	0.	GRANIZO		0.	0.0144	10-1	0.
10	0.5	GRANIZO		0.	4.441E-16	10-1	0.5
10	0.	EX	Max	0.0038	0.0066	10-1	0.
10	0.5	EX	Max	1.024E-04	9.004E-15	10-1	0.5
10	0.	EY	Max	0.0187	0.0026	10-1	0.
10	0.5	EY	Max	7.459E-04	2.028E-15	10-1	0.5
10	0.	DSTL1		0.	-0.0102	10-1	0.
10	0.5	DSTL1		0.	-5.416E-16	10-1	0.5
10	0.	DSTL2		0.	0.01	10-1	0.





**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	Output Case	StepType	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameEl em	ElemSta tion m
10	0.5	DSTL2		0.	1.131E-16	10-1	0.5
10	0.	DSTL3		0.	0.0216	10-1	0.
10	0.5	DSTL3		0.	4.684E-16	10-1	0.5
10	0.	DSTL4		-0.0088	0.0115	10-1	0.
10	0.5	DSTL4		6.298E-05	-2.012E-17	10-1	0.5
10	0.	DSTL5		0.0088	-7.832E-05	10-1	0.
10	0.5	DSTL5		-6.298E-05	-2.012E-17	10-1	0.5
10	0.	DSTL6		-0.0044	0.0172	10-1	0.
10	0.5	DSTL6		3.149E-05	2.463E-16	10-1	0.5
10	0.	DSTL7		0.0044	0.0115	10-1	0.
10	0.5	DSTL7		-3.149E-05	2.463E-16	10-1	0.5
10	0.	DSTL8		-0.0088	-7.804E-04	10-1	0.
10	0.5	DSTL8		6.298E-05	-3.482E-16	10-1	0.5
10	0.	DSTL9		0.0088	-0.0123	10-1	0.
10	0.5	DSTL9		-6.298E-05	-3.482E-16	10-1	0.5
10	0.	DSTL10	Max	0.0038	0.0072	10-1	0.
10	0.5	DSTL10	Max	1.024E-04	8.812E-15	10-1	0.5
10	0.	DSTL10	Min	-0.0038	-0.006	10-1	0.
10	0.5	DSTL10	Min	-1.024E-04	-9.197E-15	10-1	0.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m			KN-m	KN-m		m
10	0.	DSTL11	Max	0.0187	0.0033	10-1	0.
10	0.5	DSTL11	Max	7.459E-04	1.836E-15	10-1	0.5
10	0.	DSTL11	Min	-0.0187	-0.002	10-1	0.
10	0.5	DSTL11	Min	-7.459E-04	-2.220E-15	10-1	0.5
10	0.	DSTL12	Max	0.0038	7.841E-04	10-1	0.
10	0.5	DSTL12	Max	1.024E-04	8.695E-15	10-1	0.5
10	0.	DSTL12	Min	-0.0038	-0.0124	10-1	0.
10	0.5	DSTL12	Min	-1.024E-04	-9.314E-15	10-1	0.5
10	0.	DSTL13	Max	0.0187	-0.0032	10-1	0.
10	0.5	DSTL13	Max	7.459E-04	1.719E-15	10-1	0.5
10	0.	DSTL13	Min	-0.0187	-0.0085	10-1	0.
10	0.5	DSTL13	Min	-7.459E-04	-2.337E-15	10-1	0.5
10	0.	DSTL14		0.	-0.0073	10-1	0.
10	0.5	DSTL14		0.	-3.868E-16	10-1	0.5
10	0.	DSTL15		0.	-6.526E-05	10-1	0.
10	0.5	DSTL15		0.	-1.648E-16	10-1	0.5
11	0.	DEAD		0.	-0.0073	11-1	0.
11	0.5	DEAD		0.	-3.868E-16	11-1	0.5
11	0.	LIVE		0.	0.0072	11-1	0.





Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m			KN-m	KN-m		m
11	0.5	LIVE		0.	2.220E-16	11-1	0.5
11	0.	VIENTO		0.0088	0.0058	11-1	0.
11	0.5	VIENTO		-6.298E-05	0.	11-1	0.5
11	0.	GRANIZO		0.	0.0144	11-1	0.
11	0.5	GRANIZO		0.	4.441E-16	11-1	0.5
11	0.	EX	Max	0.0038	0.0066	11-1	0.
11	0.5	EX	Max	1.024E-04	8.344E-16	11-1	0.5
11	0.	EY	Max	0.0187	0.0026	11-1	0.
11	0.5	EY	Max	7.459E-04	4.014E-15	11-1	0.5
11	0.	DSTL1		0.	-0.0102	11-1	0.
11	0.5	DSTL1		0.	-5.416E-16	11-1	0.5
11	0.	DSTL2		0.	0.01	11-1	0.
11	0.5	DSTL2		0.	1.131E-16	11-1	0.5
11	0.	DSTL3		0.	0.0216	11-1	0.
11	0.5	DSTL3		0.	4.684E-16	11-1	0.5
11	0.	DSTL4		0.0088	0.0115	11-1	0.
11	0.5	DSTL4		-6.298E-05	-2.012E-17	11-1	0.5
11	0.	DSTL5		-0.0088	-7.832E-05	11-1	0.
11	0.5	DSTL5		6.298E-05	-2.012E-17	11-1	0.5



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station	Output Case	StepType	M2	M3	FrameElement	ElementStation
	m			KN-m	KN-m		m
11	0.	DSTL6		0.0044	0.0172	11-1	0.
11	0.5	DSTL6		-3.149E-05	2.463E-16	11-1	0.5
11	0.	DSTL7		-0.0044	0.0115	11-1	0.
11	0.5	DSTL7		3.149E-05	2.463E-16	11-1	0.5
11	0.	DSTL8		0.0088	-7.804E-04	11-1	0.
11	0.5	DSTL8		-6.298E-05	-3.482E-16	11-1	0.5
11	0.	DSTL9		-0.0088	-0.0123	11-1	0.
11	0.5	DSTL9		6.298E-05	-3.482E-16	11-1	0.5
11	0.	DSTL10	Max	0.0038	0.0072	11-1	0.
11	0.5	DSTL10	Max	1.024E-04	6.423E-16	11-1	0.5
11	0.	DSTL10	Min	-0.0038	-0.006	11-1	0.
11	0.5	DSTL10	Min	-1.024E-04	-1.026E-15	11-1	0.5
11	0.	DSTL11	Max	0.0187	0.0033	11-1	0.
11	0.5	DSTL11	Max	7.459E-04	3.822E-15	11-1	0.5
11	0.	DSTL11	Min	-0.0187	-0.002	11-1	0.
11	0.5	DSTL11	Min	-7.459E-04	-4.206E-15	11-1	0.5
11	0.	DSTL12	Max	0.0038	7.841E-04	11-1	0.
11	0.5	DSTL12	Max	1.024E-04	5.249E-16	11-1	0.5
11	0.	DSTL12	Min	-0.0038	-0.0124	11-1	0.



**Table 29: Element Forces - Frames, Part 2 of 2**

Frame	Station m	Output Case	StepType	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElement	ElementStation m
11	0.5	DSTL12	Min	-1.024E-04	-1.144E-15	11-1	0.5
11	0.	DSTL13	Max	0.0187	-0.0032	11-1	0.
11	0.5	DSTL13	Max	7.459E-04	3.704E-15	11-1	0.5
11	0.	DSTL13	Min	-0.0187	-0.0085	11-1	0.
11	0.5	DSTL13	Min	-7.459E-04	-4.323E-15	11-1	0.5
11	0.	DSTL14		0.	-0.0073	11-1	0.
11	0.5	DSTL14		0.	-3.868E-16	11-1	0.5
11	0.	DSTL15		0.	-6.526E-05	11-1	0.
11	0.5	DSTL15		0.	-1.648E-16	11-1	0.5

## 10. Area results

This section provides area results, including items such as forces and stresses.

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11 KN/m	F22 KN/m
1	1	Membrane	14	DEAD	LinStatic		-3.870E-20	-1.139E-20
1	1	Membrane	11	DEAD	LinStatic		-3.870E-20	-1.139E-20

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElem	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
1	1	Membrane	13	DEAD	LinStatic		-3.547E-20	-1.042E-20
1	1	Membrane	16	DEAD	LinStatic		-3.547E-20	-1.042E-20
1	1	Membrane	14	LIVE	LinStatic		0.	0.
1	1	Membrane	11	LIVE	LinStatic		0.	0.
1	1	Membrane	13	LIVE	LinStatic		0.	0.
1	1	Membrane	16	LIVE	LinStatic		0.	0.
1	1	Membrane	14	VIENTO	LinStatic		4.266E-06	1.422E-05
1	1	Membrane	11	VIENTO	LinStatic		-4.266E-06	-1.422E-05
1	1	Membrane	13	VIENTO	LinStatic		-4.266E-06	-1.422E-05
1	1	Membrane	16	VIENTO	LinStatic		4.266E-06	1.422E-05
1	1	Membrane	14	GRANIZO	LinStatic		1.935E-20	0.
1	1	Membrane	11	GRANIZO	LinStatic		1.935E-20	0.
1	1	Membrane	13	GRANIZO	LinStatic		1.774E-20	0.
1	1	Membrane	16	GRANIZO	LinStatic		1.774E-20	0.
1	1	Membrane	14	EX	LinResp Spec	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	11	EX	LinResp Spec	Max	2.744E-06	9.148E-06



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
1	1	Membrane	13	EX	LinResp Spec	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	16	EX	LinResp Spec	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	14	EY	LinResp Spec	Max	3.011E-04	1.004E-03
1	1	Membrane	11	EY	LinResp Spec	Max	3.011E-04	1.004E-03
1	1	Membrane	13	EY	LinResp Spec	Max	0.24	7.093E-02
1	1	Membrane	16	EY	LinResp Spec	Max	0.24	7.093E-02
1	1	Membrane	14	DSTL1	Combination		-5.418E-20	-1.595E-20
1	1	Membrane	11	DSTL1	Combination		-5.418E-20	-1.595E-20
1	1	Membrane	13	DSTL1	Combination		-4.966E-20	-1.459E-20
1	1	Membrane	16	DSTL1	Combination		-4.966E-20	-1.459E-20
1	1	Membrane	14	DSTL2	Combination		-2.129E-20	0.
1	1	Membrane	11	DSTL2	Combination		-2.129E-20	0.
1	1	Membrane	13	DSTL2	Combination		-1.951E-20	0.
1	1	Membrane	16	DSTL2	Combination		-1.951E-20	0.
1	1	Membrane	14	DSTL3	Combination		0.	0.
1	1	Membrane	11	DSTL3	Combination		0.	0.





**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
1	1	Membrane	13	DSTL3	Combination		0.	0.
1	1	Membrane	16	DSTL3	Combination		0.	0.
1	1	Membrane	14	DSTL4	Combination		4.266E-06	1.422E-05
1	1	Membrane	11	DSTL4	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
1	1	Membrane	13	DSTL4	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
1	1	Membrane	16	DSTL4	Combination		4.266E-06	1.422E-05
1	1	Membrane	14	DSTL5	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
1	1	Membrane	11	DSTL5	Combination		4.266E-06	1.422E-05
1	1	Membrane	13	DSTL5	Combination		4.266E-06	1.422E-05
1	1	Membrane	16	DSTL5	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
1	1	Membrane	14	DSTL6	Combination		2.133E-06	7.111E-06
1	1	Membrane	11	DSTL6	Combination		-2.133E-06	-7.111E-06
1	1	Membrane	13	DSTL6	Combination		-2.133E-06	-7.111E-06
1	1	Membrane	16	DSTL6	Combination		2.133E-06	7.111E-06
1	1	Membrane	14	DSTL7	Combination		-2.133E-06	-7.111E-06
1	1	Membrane	11	DSTL7	Combination		2.133E-06	7.111E-06





**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
1	1	Membrane	13	DSTL7	Combination		2.133E-06	7.111E-06
1	1	Membrane	16	DSTL7	Combination		-2.133E-06	-7.111E-06
1	1	Membrane	14	DSTL8	Combination		4.266E-06	1.422E-05
1	1	Membrane	11	DSTL8	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
1	1	Membrane	13	DSTL8	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
1	1	Membrane	16	DSTL8	Combination		4.266E-06	1.422E-05
1	1	Membrane	14	DSTL9	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
1	1	Membrane	11	DSTL9	Combination		4.266E-06	1.422E-05
1	1	Membrane	13	DSTL9	Combination		4.266E-06	1.422E-05
1	1	Membrane	16	DSTL9	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
1	1	Membrane	14	DSTL10	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	11	DSTL10	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	13	DSTL10	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	16	DSTL10	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	14	DSTL10	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
1	1	Membrane	11	DSTL10	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
1	1	Membrane	13	DSTL10	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
1	1	Membrane	16	DSTL10	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
1	1	Membrane	14	DSTL11	Combination	Max	3.011E-04	1.004E-03
1	1	Membrane	11	DSTL11	Combination	Max	3.011E-04	1.004E-03
1	1	Membrane	13	DSTL11	Combination	Max	0.24	7.093E-02
1	1	Membrane	16	DSTL11	Combination	Max	0.24	7.093E-02
1	1	Membrane	14	DSTL11	Combination	Min	-3.011E-04	-1.004E-03
1	1	Membrane	11	DSTL11	Combination	Min	-3.011E-04	-1.004E-03
1	1	Membrane	13	DSTL11	Combination	Min	-0.24	-7.093E-02
1	1	Membrane	16	DSTL11	Combination	Min	-0.24	-7.093E-02
1	1	Membrane	14	DSTL12	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	11	DSTL12	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	13	DSTL12	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	16	DSTL12	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
1	1	Membrane	14	DSTL12	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
1	1	Membrane	11	DSTL12	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
1	1	Membrane	13	DSTL12	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
1	1	Membrane	16	DSTL12	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
1	1	Membrane	14	DSTL13	Combination	Max	3.011E-04	1.004E-03
1	1	Membrane	11	DSTL13	Combination	Max	3.011E-04	1.004E-03
1	1	Membrane	13	DSTL13	Combination	Max	0.24	7.093E-02
1	1	Membrane	16	DSTL13	Combination	Max	0.24	7.093E-02
1	1	Membrane	14	DSTL13	Combination	Min	-3.011E-04	-1.004E-03
1	1	Membrane	11	DSTL13	Combination	Min	-3.011E-04	-1.004E-03
1	1	Membrane	13	DSTL13	Combination	Min	-0.24	-7.093E-02
1	1	Membrane	16	DSTL13	Combination	Min	-0.24	-7.093E-02
1	1	Membrane	14	DSTL14	Combination		-3.870E-20	-1.139E-20
1	1	Membrane	11	DSTL14	Combination		-3.870E-20	-1.139E-20
1	1	Membrane	13	DSTL14	Combination		-3.547E-20	-1.042E-20
1	1	Membrane	16	DSTL14	Combination		-3.547E-20	-1.042E-20
1	1	Membrane	14	DSTL15	Combination		-2.903E-20	0.
1	1	Membrane	11	DSTL15	Combination		-2.903E-20	0.



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
1	1	Membrane	13	DSTL15	Combination		-2.660E-20	0.
1	1	Membrane	16	DSTL15	Combination		-2.660E-20	0.
2	2	Membrane	15	DEAD	LinStatic		-3.547E-20	-1.042E-20
2	2	Membrane	12	DEAD	LinStatic		-3.547E-20	-1.042E-20
2	2	Membrane	11	DEAD	LinStatic		-3.870E-20	-1.139E-20
2	2	Membrane	14	DEAD	LinStatic		-3.870E-20	-1.139E-20
2	2	Membrane	15	LIVE	LinStatic		0.	0.
2	2	Membrane	12	LIVE	LinStatic		0.	0.
2	2	Membrane	11	LIVE	LinStatic		0.	0.
2	2	Membrane	14	LIVE	LinStatic		0.	0.
2	2	Membrane	15	VIENTO	LinStatic		4.266E-06	1.422E-05
2	2	Membrane	12	VIENTO	LinStatic		-4.266E-06	-1.422E-05
2	2	Membrane	11	VIENTO	LinStatic		-4.266E-06	-1.422E-05
2	2	Membrane	14	VIENTO	LinStatic		4.266E-06	1.422E-05
2	2	Membrane	15	GRANIZO	LinStatic		1.774E-20	0.
2	2	Membrane	12	GRANIZO	LinStatic		1.774E-20	0.





**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
2	2	Membrane	11	GRANIZO	LinStatic		1.935E-20	0.
2	2	Membrane	14	GRANIZO	LinStatic		1.935E-20	0.
2	2	Membrane	15	EX	LinResp Spec	Max	2.744E-06	9.148E-06
2	2	Membrane	12	EX	LinResp Spec	Max	2.744E-06	9.148E-06
2	2	Membrane	11	EX	LinResp Spec	Max	2.744E-06	9.148E-06
2	2	Membrane	14	EX	LinResp Spec	Max	2.744E-06	9.148E-06
2	2	Membrane	15	EY	LinResp Spec	Max	0.24	7.093E-02
2	2	Membrane	12	EY	LinResp Spec	Max	0.24	7.093E-02
2	2	Membrane	11	EY	LinResp Spec	Max	3.011E-04	1.004E-03
2	2	Membrane	14	EY	LinResp Spec	Max	3.011E-04	1.004E-03
2	2	Membrane	15	DSTL1	Combination		-4.966E-20	-1.459E-20
2	2	Membrane	12	DSTL1	Combination		-4.966E-20	-1.459E-20
2	2	Membrane	11	DSTL1	Combination		-5.418E-20	-1.595E-20
2	2	Membrane	14	DSTL1	Combination		-5.418E-20	-1.595E-20
2	2	Membrane	15	DSTL2	Combination		-1.951E-20	0.
2	2	Membrane	12	DSTL2	Combination		-1.951E-20	0.

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
2	2	Membrane	11	DSTL2	Combination		-2.129E-20	0.
2	2	Membrane	14	DSTL2	Combination		-2.129E-20	0.
2	2	Membrane	15	DSTL3	Combination		0.	0.
2	2	Membrane	12	DSTL3	Combination		0.	0.
2	2	Membrane	11	DSTL3	Combination		0.	0.
2	2	Membrane	14	DSTL3	Combination		0.	0.
2	2	Membrane	15	DSTL4	Combination		4.266E-06	1.422E-05
2	2	Membrane	12	DSTL4	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
2	2	Membrane	11	DSTL4	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
2	2	Membrane	14	DSTL4	Combination		4.266E-06	1.422E-05
2	2	Membrane	15	DSTL5	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
2	2	Membrane	12	DSTL5	Combination		4.266E-06	1.422E-05
2	2	Membrane	11	DSTL5	Combination		4.266E-06	1.422E-05
2	2	Membrane	14	DSTL5	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
2	2	Membrane	15	DSTL6	Combination		2.133E-06	7.111E-06
2	2	Membrane	12	DSTL6	Combination		-2.133E-06	-7.111E-06



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
2	2	Membrane	11	DSTL6	Combination		-2.133E-06	-7.111E-06
2	2	Membrane	14	DSTL6	Combination		2.133E-06	7.111E-06
2	2	Membrane	15	DSTL7	Combination		-2.133E-06	-7.111E-06
2	2	Membrane	12	DSTL7	Combination		2.133E-06	7.111E-06
2	2	Membrane	11	DSTL7	Combination		2.133E-06	7.111E-06
2	2	Membrane	14	DSTL7	Combination		-2.133E-06	-7.111E-06
2	2	Membrane	15	DSTL8	Combination		4.266E-06	1.422E-05
2	2	Membrane	12	DSTL8	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
2	2	Membrane	11	DSTL8	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
2	2	Membrane	14	DSTL8	Combination		4.266E-06	1.422E-05
2	2	Membrane	15	DSTL9	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
2	2	Membrane	12	DSTL9	Combination		4.266E-06	1.422E-05
2	2	Membrane	11	DSTL9	Combination		4.266E-06	1.422E-05
2	2	Membrane	14	DSTL9	Combination		-4.266E-06	-1.422E-05
2	2	Membrane	15	DSTL10	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
2	2	Membrane	12	DSTL10	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
2	2	Membrane	11	DSTL10	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
2	2	Membrane	14	DSTL10	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
2	2	Membrane	15	DSTL10	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
2	2	Membrane	12	DSTL10	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
2	2	Membrane	11	DSTL10	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
2	2	Membrane	14	DSTL10	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
2	2	Membrane	15	DSTL11	Combination	Max	0.24	7.093E-02
2	2	Membrane	12	DSTL11	Combination	Max	0.24	7.093E-02
2	2	Membrane	11	DSTL11	Combination	Max	3.011E-04	1.004E-03
2	2	Membrane	14	DSTL11	Combination	Max	3.011E-04	1.004E-03
2	2	Membrane	15	DSTL11	Combination	Min	-0.24	-7.093E-02
2	2	Membrane	12	DSTL11	Combination	Min	-0.24	-7.093E-02
2	2	Membrane	11	DSTL11	Combination	Min	-3.011E-04	-1.004E-03
2	2	Membrane	14	DSTL11	Combination	Min	-3.011E-04	-1.004E-03
2	2	Membrane	15	DSTL12	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
2	2	Membrane	12	DSTL12	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06





**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElement	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
2	2	Membrane	11	DSTL12	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
2	2	Membrane	14	DSTL12	Combination	Max	2.744E-06	9.148E-06
2	2	Membrane	15	DSTL12	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
2	2	Membrane	12	DSTL12	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
2	2	Membrane	11	DSTL12	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
2	2	Membrane	14	DSTL12	Combination	Min	-2.744E-06	-9.148E-06
2	2	Membrane	15	DSTL13	Combination	Max	0.24	7.093E-02
2	2	Membrane	12	DSTL13	Combination	Max	0.24	7.093E-02
2	2	Membrane	11	DSTL13	Combination	Max	3.011E-04	1.004E-03
2	2	Membrane	14	DSTL13	Combination	Max	3.011E-04	1.004E-03
2	2	Membrane	15	DSTL13	Combination	Min	-0.24	-7.093E-02
2	2	Membrane	12	DSTL13	Combination	Min	-0.24	-7.093E-02
2	2	Membrane	11	DSTL13	Combination	Min	-3.011E-04	-1.004E-03
2	2	Membrane	14	DSTL13	Combination	Min	-3.011E-04	-1.004E-03
2	2	Membrane	15	DSTL14	Combination		-3.547E-20	-1.042E-20
2	2	Membrane	12	DSTL14	Combination		-3.547E-20	-1.042E-20



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 1 of 3**

Area	AreaElem	ShellType	Joint	Output Case	CaseType	StepType	F11	F22
							KN/m	KN/m
2	2	Membrane	11	DSTL14	Combination		-3.870E-20	-1.139E-20
2	2	Membrane	14	DSTL14	Combination		-3.870E-20	-1.139E-20
2	2	Membrane	15	DSTL15	Combination		-2.660E-20	0.
2	2	Membrane	12	DSTL15	Combination		-2.660E-20	0.
2	2	Membrane	11	DSTL15	Combination		-2.903E-20	0.
2	2	Membrane	14	DSTL15	Combination		-2.903E-20	0.

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElem	Joint	Output Case	StepType	F12	FMax	FMin	FAngle
					KN/m	KN/m	KN/m	Degrees
1	1	14	DEAD		0.	-1.136E-20	-3.873E-20	-87.995
1	1	11	DEAD		0.	-1.136E-20	-3.873E-20	87.995
1	1	13	DEAD		0.	-1.039E-20	-3.551E-20	87.815
1	1	16	DEAD		0.	-1.039E-20	-3.551E-20	-87.815
1	1	14	LIVE		0.	0.	0.	2.005
1	1	11	LIVE		0.	0.	0.	-2.005
1	1	13	LIVE		0.	0.	0.	-2.185
1	1	16	LIVE		0.	0.	0.	2.185

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12 KN/m	FMax KN/m	FMin KN/m	FAngle Degrees
1	1	14	VIENTO		1.941E-03	1.951E-03	-1.932E-03	45.073
1	1	11	VIENTO		1.941E-03	1.932E-03	-1.951E-03	44.927
1	1	13	VIENTO		6.894E-03	6.885E-03	-6.903E-03	44.979
1	1	16	VIENTO		6.894E-03	6.903E-03	-6.885E-03	45.021
1	1	14	GRANIZO		0.	1.937E-20	0.	2.005
1	1	11	GRANIZO		0.	1.937E-20	0.	-2.005
1	1	13	GRANIZO		0.	1.775E-20	0.	-2.185
1	1	16	GRANIZO		0.	1.775E-20	0.	2.185
1	1	14	EX	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
1	1	11	EX	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
1	1	13	EX	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
1	1	16	EX	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
1	1	14	EY	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	11	EY	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	13	EY	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	16	EY	Max	3.952E-03	0.	0.	0.





**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12	FMax	FMin	FAngle
					KN/m	KN/m	KN/m	Degrees
1	1	14	DSTL1		0.	-1.590E-20	-5.423E-20	-87.995
1	1	11	DSTL1		0.	-1.590E-20	-5.423E-20	87.995
1	1	13	DSTL1		0.	-1.454E-20	-4.971E-20	87.815
1	1	16	DSTL1		0.	-1.454E-20	-4.971E-20	-87.815
1	1	14	DSTL2		0.	0.	-2.130E-20	-87.995
1	1	11	DSTL2		0.	0.	-2.130E-20	87.995
1	1	13	DSTL2		0.	0.	-1.953E-20	87.815
1	1	16	DSTL2		0.	0.	-1.953E-20	-87.815
1	1	14	DSTL3		0.	0.	0.	-87.995
1	1	11	DSTL3		0.	0.	0.	87.995
1	1	13	DSTL3		0.	0.	0.	87.815
1	1	16	DSTL3		0.	0.	0.	-87.815
1	1	14	DSTL4		1.941E-03	1.951E-03	-1.932E-03	45.073
1	1	11	DSTL4		1.941E-03	1.932E-03	-1.951E-03	44.927
1	1	13	DSTL4		6.894E-03	6.885E-03	-6.903E-03	44.979
1	1	16	DSTL4		6.894E-03	6.903E-03	-6.885E-03	45.021
1	1	14	DSTL5		-1.941E-03	1.932E-03	-1.951E-03	-44.927

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12	FMax	FMin	FAngle
					KN/m	KN/m	KN/m	Degrees
1	1	11	DSTL5		-1.941E-03	1.951E-03	-1.932E-03	-45.073
1	1	13	DSTL5		-6.894E-03	6.903E-03	-6.885E-03	-45.021
1	1	16	DSTL5		-6.894E-03	6.885E-03	-6.903E-03	-44.979
1	1	14	DSTL6		9.707E-04	9.753E-04	-9.660E-04	45.073
1	1	11	DSTL6		9.707E-04	9.660E-04	-9.753E-04	44.927
1	1	13	DSTL6		3.447E-03	3.442E-03	-3.452E-03	44.979
1	1	16	DSTL6		3.447E-03	3.452E-03	-3.442E-03	45.021
1	1	14	DSTL7		-9.707E-04	9.660E-04	-9.753E-04	-44.927
1	1	11	DSTL7		-9.707E-04	9.753E-04	-9.660E-04	-45.073
1	1	13	DSTL7		-3.447E-03	3.452E-03	-3.442E-03	-45.021
1	1	16	DSTL7		-3.447E-03	3.442E-03	-3.452E-03	-44.979
1	1	14	DSTL8		1.941E-03	1.951E-03	-1.932E-03	45.073
1	1	11	DSTL8		1.941E-03	1.932E-03	-1.951E-03	44.927
1	1	13	DSTL8		6.894E-03	6.885E-03	-6.903E-03	44.979
1	1	16	DSTL8		6.894E-03	6.903E-03	-6.885E-03	45.021
1	1	14	DSTL9		-1.941E-03	1.932E-03	-1.951E-03	-44.927





**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12 KN/m	FMax KN/m	FMin KN/m	FAngle Degrees
1	1	11	DSTL9		-1.941E-03	1.951E-03	-1.932E-03	-45.073
1	1	13	DSTL9		-6.894E-03	6.903E-03	-6.885E-03	-45.021
1	1	16	DSTL9		-6.894E-03	6.885E-03	-6.903E-03	-44.979
1	1	14	DSTL10	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL10	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL10	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL10	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL10	Min	-8.696E-04	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL10	Min	-8.696E-04	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL10	Min	-4.849E-03	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL10	Min	-4.849E-03	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL11	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL11	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL11	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL11	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL11	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12 KN/m	FMax KN/m	FMin KN/m	FAngle Degrees
1	1	11	DSTL11	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL11	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL11	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL12	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL12	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL12	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL12	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL12	Min	-8.696E-04	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL12	Min	-8.696E-04	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL12	Min	-4.849E-03	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL12	Min	-4.849E-03	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL13	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL13	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL13	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL13	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL13	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12 KN/m	FMax KN/m	FMin KN/m	FAngle Degrees
1	1	11	DSTL13	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL13	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL13	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL14		0.	-1.136E-20	-3.873E-20	-87.995
1	1	11	DSTL14		0.	-1.136E-20	-3.873E-20	87.995
1	1	13	DSTL14		0.	-1.039E-20	-3.551E-20	87.815
1	1	16	DSTL14		0.	-1.039E-20	-3.551E-20	-87.815
1	1	14	DSTL15		0.	0.	-2.905E-20	-87.995
1	1	11	DSTL15		0.	0.	-2.905E-20	87.995
1	1	13	DSTL15		0.	0.	-2.663E-20	87.815
1	1	16	DSTL15		0.	0.	-2.663E-20	-87.815
2	2	15	DEAD		0.	-1.039E-20	-3.551E-20	87.815
2	2	12	DEAD		0.	-1.039E-20	-3.551E-20	-87.815
2	2	11	DEAD		0.	-1.136E-20	-3.873E-20	-87.995
2	2	14	DEAD		0.	-1.136E-20	-3.873E-20	87.995
2	2	15	LIVE		0.	0.	0.	-2.185







**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12 KN/m	FMax KN/m	FMin KN/m	FAngle Degrees
2	2	12	LIVE		0.	0.	0.	2.185
2	2	11	LIVE		0.	0.	0.	2.005
2	2	14	LIVE		0.	0.	0.	-2.005
2	2	15	VIENTO		-6.894E-03	6.903E-03	-6.885E-03	-45.021
2	2	12	VIENTO		-6.894E-03	6.885E-03	-6.903E-03	-44.979
2	2	11	VIENTO		-1.941E-03	1.932E-03	-1.951E-03	-44.927
2	2	14	VIENTO		-1.941E-03	1.951E-03	-1.932E-03	-45.073
2	2	15	GRANIZO		0.	1.775E-20	0.	-2.185
2	2	12	GRANIZO		0.	1.775E-20	0.	2.185
2	2	11	GRANIZO		0.	1.937E-20	0.	2.005
2	2	14	GRANIZO		0.	1.937E-20	0.	-2.005
2	2	15	EX	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
2	2	12	EX	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
2	2	11	EX	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
2	2	14	EX	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
2	2	15	EY	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	12	EY	Max	3.952E-03	0.	0.	0.

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12 KN/m	FMax KN/m	FMin KN/m	FAngle Degrees
2	2	11	EY	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	14	EY	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL1		0.	-1.454E-20	-4.971E-20	87.815
2	2	12	DSTL1		0.	-1.454E-20	-4.971E-20	-87.815
2	2	11	DSTL1		0.	-1.590E-20	-5.423E-20	-87.995
2	2	14	DSTL1		0.	-1.590E-20	-5.423E-20	87.995
2	2	15	DSTL2		0.	0.	-1.953E-20	87.815
2	2	12	DSTL2		0.	0.	-1.953E-20	-87.815
2	2	11	DSTL2		0.	0.	-2.130E-20	-87.995
2	2	14	DSTL2		0.	0.	-2.130E-20	87.995
2	2	15	DSTL3		0.	0.	0.	87.815
2	2	12	DSTL3		0.	0.	0.	-87.815
2	2	11	DSTL3		0.	0.	0.	-87.995
2	2	14	DSTL3		0.	0.	0.	87.995
2	2	15	DSTL4		-6.894E-03	6.903E-03	-6.885E-03	-45.021
2	2	12	DSTL4		-6.894E-03	6.885E-03	-6.903E-03	-44.979
2	2	11	DSTL4		-1.941E-03	1.932E-03	-1.951E-03	-44.927



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12	FMax	FMin	FAngle
					KN/m	KN/m	KN/m	Degrees
2	2	14	DSTL4		-1.941E-03	1.951E-03	-1.932E-03	-45.073
2	2	15	DSTL5		6.894E-03	6.885E-03	-6.903E-03	44.979
2	2	12	DSTL5		6.894E-03	6.903E-03	-6.885E-03	45.021
2	2	11	DSTL5		1.941E-03	1.951E-03	-1.932E-03	45.073
2	2	14	DSTL5		1.941E-03	1.932E-03	-1.951E-03	44.927
2	2	15	DSTL6		-3.447E-03	3.452E-03	-3.442E-03	-45.021
2	2	12	DSTL6		-3.447E-03	3.442E-03	-3.452E-03	-44.979
2	2	11	DSTL6		-9.707E-04	9.660E-04	-9.753E-04	-44.927
2	2	14	DSTL6		-9.707E-04	9.753E-04	-9.660E-04	-45.073
2	2	15	DSTL7		3.447E-03	3.442E-03	-3.452E-03	44.979
2	2	12	DSTL7		3.447E-03	3.452E-03	-3.442E-03	45.021
2	2	11	DSTL7		9.707E-04	9.753E-04	-9.660E-04	45.073
2	2	14	DSTL7		9.707E-04	9.660E-04	-9.753E-04	44.927
2	2	15	DSTL8		-6.894E-03	6.903E-03	-6.885E-03	-45.021
2	2	12	DSTL8		-6.894E-03	6.885E-03	-6.903E-03	-44.979
2	2	11	DSTL8		-1.941E-03	1.932E-03	-1.951E-03	-44.927



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12	FMax	FMin	FAngle
					KN/m	KN/m	KN/m	Degrees
2	2	14	DSTL8		-1.941E-03	1.951E-03	-1.932E-03	-45.073
2	2	15	DSTL9		6.894E-03	6.885E-03	-6.903E-03	44.979
2	2	12	DSTL9		6.894E-03	6.903E-03	-6.885E-03	45.021
2	2	11	DSTL9		1.941E-03	1.951E-03	-1.932E-03	45.073
2	2	14	DSTL9		1.941E-03	1.932E-03	-1.951E-03	44.927
2	2	15	DSTL10	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL10	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL10	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL10	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL10	Min	-4.849E-03	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL10	Min	-4.849E-03	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL10	Min	-8.696E-04	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL10	Min	-8.696E-04	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL11	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL11	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL11	Max	3.952E-03	0.	0.	0.



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12 KN/m	FMax KN/m	FMin KN/m	FAngle Degrees
2	2	14	DSTL11	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL11	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL11	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL11	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL11	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL12	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL12	Max	4.849E-03	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL12	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL12	Max	8.696E-04	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL12	Min	-4.849E-03	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL12	Min	-4.849E-03	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL12	Min	-8.696E-04	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL12	Min	-8.696E-04	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL13	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL13	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL13	Max	3.952E-03	0.	0.	0.



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 2 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	F12 KN/m	FMax KN/m	FMin KN/m	FAngle Degrees
2	2	14	DSTL13	Max	3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL13	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL13	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL13	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL13	Min	-3.952E-03	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL14		0.	-1.039E-20	-3.551E-20	87.815
2	2	12	DSTL14		0.	-1.039E-20	-3.551E-20	-87.815
2	2	11	DSTL14		0.	-1.136E-20	-3.873E-20	-87.995
2	2	14	DSTL14		0.	-1.136E-20	-3.873E-20	87.995
2	2	15	DSTL15		0.	0.	-2.663E-20	87.815
2	2	12	DSTL15		0.	0.	-2.663E-20	-87.815
2	2	11	DSTL15		0.	0.	-2.905E-20	-87.995
2	2	14	DSTL15		0.	0.	-2.905E-20	87.995

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	FVM KN/m
1	1	14	DEAD		3.449E-20
1	1	11	DEAD		3.449E-20
1	1	13	DEAD		3.162E-20
1	1	16	DEAD		3.162E-20
1	1	14	LIVE		0.
1	1	11	LIVE		0.
1	1	13	LIVE		0.
1	1	16	LIVE		0.
1	1	14	VIENTO		3.363E-03
1	1	11	VIENTO		3.363E-03
1	1	13	VIENTO		1.194E-02
1	1	16	VIENTO		1.194E-02
1	1	14	GRANIZO		1.724E-20
1	1	11	GRANIZO		1.724E-20
1	1	13	GRANIZO		1.581E-20
1	1	16	GRANIZO		1.581E-20
1	1	14	EX	Max	0.
1	1	11	EX	Max	0.

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	FVM KN/m
1	1	13	EX	Max	0.
1	1	16	EX	Max	0.
1	1	14	EY	Max	0.
1	1	11	EY	Max	0.
1	1	13	EY	Max	0.
1	1	16	EY	Max	0.
1	1	14	DSTL1		4.828E-20
1	1	11	DSTL1		4.828E-20
1	1	13	DSTL1		4.427E-20
1	1	16	DSTL1		4.427E-20
1	1	14	DSTL2		1.897E-20
1	1	11	DSTL2		1.897E-20
1	1	13	DSTL2		1.739E-20
1	1	16	DSTL2		1.739E-20
1	1	14	DSTL3		0.
1	1	11	DSTL3		0.
1	1	13	DSTL3		0.
1	1	16	DSTL3		0.
1	1	14	DSTL4		3.363E-03
1	1	11	DSTL4		3.363E-03





**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	FVM KN/m
1	1	13	DSTL4		1.194E-02
1	1	16	DSTL4		1.194E-02
1	1	14	DSTL5		3.363E-03
1	1	11	DSTL5		3.363E-03
1	1	13	DSTL5		1.194E-02
1	1	16	DSTL5		1.194E-02
1	1	14	DSTL6		1.681E-03
1	1	11	DSTL6		1.681E-03
1	1	13	DSTL6		5.971E-03
1	1	16	DSTL6		5.971E-03
1	1	14	DSTL7		1.681E-03
1	1	11	DSTL7		1.681E-03
1	1	13	DSTL7		5.971E-03
1	1	16	DSTL7		5.971E-03
1	1	14	DSTL8		3.363E-03
1	1	11	DSTL8		3.363E-03



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	FVM KN/m
1	1	13	DSTL8		1.194E-02
1	1	16	DSTL8		1.194E-02
1	1	14	DSTL9		3.363E-03
1	1	11	DSTL9		3.363E-03
1	1	13	DSTL9		1.194E-02
1	1	16	DSTL9		1.194E-02
1	1	14	DSTL10	Max	0.
1	1	11	DSTL10	Max	0.
1	1	13	DSTL10	Max	0.
1	1	16	DSTL10	Max	0.
1	1	14	DSTL10	Min	0.
1	1	11	DSTL10	Min	0.
1	1	13	DSTL10	Min	0.
1	1	16	DSTL10	Min	0.
1	1	14	DSTL11	Max	0.
1	1	11	DSTL11	Max	0.
1	1	13	DSTL11	Max	0.
1	1	16	DSTL11	Max	0.
1	1	14	DSTL11	Min	0.
1	1	11	DSTL11	Min	0.
1	1	13	DSTL11	Min	0.
1	1	16	DSTL11	Min	0.
1	1	14	DSTL12	Max	0.
1	1	11	DSTL12	Max	0.





**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	FVM KN/m
1	1	13	DSTL12	Max	0.
1	1	16	DSTL12	Max	0.
1	1	14	DSTL12	Min	0.
1	1	11	DSTL12	Min	0.
1	1	13	DSTL12	Min	0.
1	1	16	DSTL12	Min	0.
1	1	14	DSTL13	Max	0.
1	1	11	DSTL13	Max	0.
1	1	13	DSTL13	Max	0.
1	1	16	DSTL13	Max	0.
1	1	14	DSTL13	Min	0.
1	1	11	DSTL13	Min	0.
1	1	13	DSTL13	Min	0.
1	1	16	DSTL13	Min	0.
1	1	14	DSTL14		3.449E-20
1	1	11	DSTL14		3.449E-20
1	1	13	DSTL14		3.162E-20
1	1	16	DSTL14		3.162E-20
1	1	14	DSTL15		2.587E-20
1	1	11	DSTL15		2.587E-20
1	1	13	DSTL15		2.372E-20
1	1	16	DSTL15		2.372E-20





**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	FVM KN/m
2	2	15	DEAD		3.162E-20
2	2	12	DEAD		3.162E-20
2	2	11	DEAD		3.449E-20
2	2	14	DEAD		3.449E-20
2	2	15	LIVE		0.
2	2	12	LIVE		0.
2	2	11	LIVE		0.
2	2	14	LIVE		0.
2	2	15	VIENTO		1.194E-02
2	2	12	VIENTO		1.194E-02
2	2	11	VIENTO		3.363E-03
2	2	14	VIENTO		3.363E-03
2	2	15	GRANIZO		1.581E-20
2	2	12	GRANIZO		1.581E-20
2	2	11	GRANIZO		1.724E-20
2	2	14	GRANIZO		1.724E-20
2	2	15	EX	Max	0.
2	2	12	EX	Max	0.
2	2	11	EX	Max	0.



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	FVM KN/m
2	2	14	EX	Max	0.
2	2	15	EY	Max	0.
2	2	12	EY	Max	0.
2	2	11	EY	Max	0.
2	2	14	EY	Max	0.
2	2	15	DSTL1		4.427E-20
2	2	12	DSTL1		4.427E-20
2	2	11	DSTL1		4.828E-20
2	2	14	DSTL1		4.828E-20
2	2	15	DSTL2		1.739E-20
2	2	12	DSTL2		1.739E-20
2	2	11	DSTL2		1.897E-20
2	2	14	DSTL2		1.897E-20
2	2	15	DSTL3		0.
2	2	12	DSTL3		0.
2	2	11	DSTL3		0.
2	2	14	DSTL3		0.
2	2	15	DSTL4		1.194E-02
2	2	12	DSTL4		1.194E-02
2	2	11	DSTL4		3.363E-03



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	FVM KN/m
2	2	14	DSTL4		3.363E-03
2	2	15	DSTL5		1.194E-02
2	2	12	DSTL5		1.194E-02
2	2	11	DSTL5		3.363E-03
2	2	14	DSTL5		3.363E-03
2	2	15	DSTL6		5.971E-03
2	2	12	DSTL6		5.971E-03
2	2	11	DSTL6		1.681E-03
2	2	14	DSTL6		1.681E-03
2	2	15	DSTL7		5.971E-03
2	2	12	DSTL7		5.971E-03
2	2	11	DSTL7		1.681E-03
2	2	14	DSTL7		1.681E-03
2	2	15	DSTL8		1.194E-02
2	2	12	DSTL8		1.194E-02
2	2	11	DSTL8		3.363E-03

**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	FVM KN/m
2	2	14	DSTL8		3.363E-03
2	2	15	DSTL9		1.194E-02
2	2	12	DSTL9		1.194E-02
2	2	11	DSTL9		3.363E-03
2	2	14	DSTL9		3.363E-03
2	2	15	DSTL10	Max	0.
2	2	12	DSTL10	Max	0.
2	2	11	DSTL10	Max	0.
2	2	14	DSTL10	Max	0.
2	2	15	DSTL10	Min	0.
2	2	12	DSTL10	Min	0.
2	2	11	DSTL10	Min	0.
2	2	14	DSTL10	Min	0.
2	2	15	DSTL11	Max	0.
2	2	12	DSTL11	Max	0.
2	2	11	DSTL11	Max	0.
2	2	14	DSTL11	Max	0.
2	2	15	DSTL11	Min	0.
2	2	12	DSTL11	Min	0.
2	2	11	DSTL11	Min	0.
2	2	14	DSTL11	Min	0.
2	2	15	DSTL12	Max	0.
2	2	12	DSTL12	Max	0.
2	2	11	DSTL12	Max	0.
2	2	14	DSTL12	Max	0.



**Table 30: Element Forces - Area Shells, Part 3 of 3**

Area	AreaElement	Joint	Output Case	StepType	FVM KN/m
2	2	15	DSTL12	Min	0.
2	2	12	DSTL12	Min	0.
2	2	11	DSTL12	Min	0.
2	2	14	DSTL12	Min	0.
2	2	15	DSTL13	Max	0.
2	2	12	DSTL13	Max	0.
2	2	11	DSTL13	Max	0.
2	2	14	DSTL13	Max	0.
2	2	15	DSTL13	Min	0.
2	2	12	DSTL13	Min	0.
2	2	11	DSTL13	Min	0.
2	2	14	DSTL13	Min	0.
2	2	15	DSTL14		3.162E-20
2	2	12	DSTL14		3.162E-20
2	2	11	DSTL14		3.449E-20
2	2	14	DSTL14		3.449E-20
2	2	15	DSTL15		2.372E-20
2	2	12	DSTL15		2.372E-20
2	2	11	DSTL15		2.587E-20
2	2	14	DSTL15		2.587E-20



**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
1	1	Membrane	14	DEAD	Linear	Static	-3.870E-15	-1.139E-15	-9.573E-17
1	1	Membrane	11	DEAD	Linear	Static	-3.870E-15	-1.139E-15	9.573E-17
1	1	Membrane	13	DEAD	Linear	Static	-3.547E-15	-1.042E-15	9.573E-17
1	1	Membrane	16	DEAD	Linear	Static	-3.547E-15	-1.042E-15	-9.573E-17
1	1	Membrane	14	LIVE	Linear	Static	9.675E-16	2.848E-16	2.393E-17
1	1	Membrane	11	LIVE	Linear	Static	9.675E-16	2.848E-16	-2.393E-17
1	1	Membrane	13	LIVE	Linear	Static	8.868E-16	2.605E-16	-2.393E-17
1	1	Membrane	16	LIVE	Linear	Static	8.868E-16	2.605E-16	2.393E-17
1	1	Membrane	14	VIENTO	Linear	Static	0.43	1.42	194.13
1	1	Membrane	11	VIENTO	Linear	Static	-0.43	-1.42	194.13
1	1	Membrane	13	VIENTO	Linear	Static	-0.43	-1.42	689.42
1	1	Membrane	16	VIENTO	Linear	Static	0.43	1.42	689.42
1	1	Membrane	14	GRANIZO	Linear	Static	1.935E-15	5.695E-16	4.786E-17
1	1	Membrane	11	GRANIZO	Linear	Static	1.935E-15	5.695E-16	-4.786E-17

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	OutputCase	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
1	1	Membrane	13	GRANIZO	LinStatic		1.774E-15	5.211E-16	-4.786E-17
1	1	Membrane	16	GRANIZO	LinStatic		1.774E-15	5.211E-16	4.786E-17
1	1	Membrane	14	EX	LinRespec	Max	0.27	0.91	86.96
1	1	Membrane	11	EX	LinRespec	Max	0.27	0.91	86.96
1	1	Membrane	13	EX	LinRespec	Max	0.27	0.91	484.95
1	1	Membrane	16	EX	LinRespec	Max	0.27	0.91	484.95
1	1	Membrane	14	EY	LinRespec	Max	30.11	100.37	395.2
1	1	Membrane	11	EY	LinRespec	Max	30.11	100.37	395.2
1	1	Membrane	13	EY	LinRespec	Max	23948.31	7093.16	395.2
1	1	Membrane	16	EY	LinRespec	Max	23948.31	7093.16	395.2
1	1	Membrane	14	DSTL1	Combination		-5.418E-15	-1.595E-15	-1.340E-16

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Step Type	S11Top	S22Top	S12Top
						KN/m2	KN/m2	KN/m2
1	1	Membrane	11	DSTL 1	Combination	-5.418E-15	-1.595E-15	1.340E-16
1	1	Membrane	13	DSTL 1	Combination	-4.966E-15	-1.459E-15	1.340E-16
1	1	Membrane	16	DSTL 1	Combination	-4.966E-15	-1.459E-15	-1.340E-16
1	1	Membrane	14	DSTL 2	Combination	-2.129E-15	-6.265E-16	-5.265E-17
1	1	Membrane	11	DSTL 2	Combination	-2.129E-15	-6.265E-16	5.265E-17
1	1	Membrane	13	DSTL 2	Combination	-1.951E-15	-5.732E-16	5.265E-17
1	1	Membrane	16	DSTL 2	Combination	-1.951E-15	-5.732E-16	-5.265E-17
1	1	Membrane	14	DSTL 3	Combination	-5.805E-16	-1.709E-16	-1.436E-17
1	1	Membrane	11	DSTL 3	Combination	-5.805E-16	-1.709E-16	1.436E-17
1	1	Membrane	13	DSTL 3	Combination	-5.321E-16	-1.563E-16	1.436E-17

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Step Type	S11Top	S22Top	S12Top
						KN/m2	KN/m2	KN/m2
1	1	Membrane	16	DSTL 3	Combination	-5.321E-16	-1.563E-16	-1.436E-17
1	1	Membrane	14	DSTL 4	Combination	0.43	1.42	194.13
1	1	Membrane	11	DSTL 4	Combination	-0.43	-1.42	194.13
1	1	Membrane	13	DSTL 4	Combination	-0.43	-1.42	689.42
1	1	Membrane	16	DSTL 4	Combination	0.43	1.42	689.42
1	1	Membrane	14	DSTL 5	Combination	-0.43	-1.42	-194.13
1	1	Membrane	11	DSTL 5	Combination	0.43	1.42	-194.13
1	1	Membrane	13	DSTL 5	Combination	0.43	1.42	-689.42
1	1	Membrane	16	DSTL 5	Combination	-0.43	-1.42	-689.42
1	1	Membrane	14	DSTL 6	Combination	0.21	0.71	97.07

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	OutputCase	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
1	1	Membrane	11	DSTL6	Combination		-0.21	-0.71	97.07
1	1	Membrane	13	DSTL6	Combination		-0.21	-0.71	344.71
1	1	Membrane	16	DSTL6	Combination		0.21	0.71	344.71
1	1	Membrane	14	DSTL7	Combination		-0.21	-0.71	-97.07
1	1	Membrane	11	DSTL7	Combination		0.21	0.71	-97.07
1	1	Membrane	13	DSTL7	Combination		0.21	0.71	-344.71
1	1	Membrane	16	DSTL7	Combination		-0.21	-0.71	-344.71
1	1	Membrane	14	DSTL8	Combination		0.43	1.42	194.13
1	1	Membrane	11	DSTL8	Combination		-0.43	-1.42	194.13
1	1	Membrane	13	DSTL8	Combination		-0.43	-1.42	689.42

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
1	1	Membrane	16	DSTL 8	Combination		0.43	1.42	689.42
1	1	Membrane	14	DSTL 9	Combination		-0.43	-1.42	-194.13
1	1	Membrane	11	DSTL 9	Combination		0.43	1.42	-194.13
1	1	Membrane	13	DSTL 9	Combination		0.43	1.42	-689.42
1	1	Membrane	16	DSTL 9	Combination		-0.43	-1.42	-689.42
1	1	Membrane	14	DSTL 10	Combination	Max	0.27	0.91	86.96
1	1	Membrane	11	DSTL 10	Combination	Max	0.27	0.91	86.96
1	1	Membrane	13	DSTL 10	Combination	Max	0.27	0.91	484.95
1	1	Membrane	16	DSTL 10	Combination	Max	0.27	0.91	484.95
1	1	Membrane	14	DSTL 10	Combination	Min	-0.27	-0.91	-86.96

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
1	1	Membrane	11	DSTL10	Combination	Min	-0.27	-0.91	-86.96
1	1	Membrane	13	DSTL10	Combination	Min	-0.27	-0.91	-484.95
1	1	Membrane	16	DSTL10	Combination	Min	-0.27	-0.91	-484.95
1	1	Membrane	14	DSTL11	Combination	Max	30.11	100.37	395.2
1	1	Membrane	11	DSTL11	Combination	Max	30.11	100.37	395.2
1	1	Membrane	13	DSTL11	Combination	Max	23948.31	7093.16	395.2
1	1	Membrane	16	DSTL11	Combination	Max	23948.31	7093.16	395.2
1	1	Membrane	14	DSTL11	Combination	Min	-30.11	-100.37	-395.2
1	1	Membrane	11	DSTL11	Combination	Min	-30.11	-100.37	-395.2
1	1	Membrane	13	DSTL11	Combination	Min	-23948.31	-7093.16	-395.2

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Case Type	Step Type	S11Top	S22Top	S12Top
							KN/m2	KN/m2	KN/m2
1	1	Membrane	16	DSTL 11	Combination	Min	-23948.31	-7093.16	-395.2
1	1	Membrane	14	DSTL 12	Combination	Max	0.27	0.91	86.96
1	1	Membrane	11	DSTL 12	Combination	Max	0.27	0.91	86.96
1	1	Membrane	13	DSTL 12	Combination	Max	0.27	0.91	484.95
1	1	Membrane	16	DSTL 12	Combination	Max	0.27	0.91	484.95
1	1	Membrane	14	DSTL 12	Combination	Min	-0.27	-0.91	-86.96
1	1	Membrane	11	DSTL 12	Combination	Min	-0.27	-0.91	-86.96
1	1	Membrane	13	DSTL 12	Combination	Min	-0.27	-0.91	-484.95
1	1	Membrane	16	DSTL 12	Combination	Min	-0.27	-0.91	-484.95
1	1	Membrane	14	DSTL 13	Combination	Max	30.11	100.37	395.2



**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	OutputCase	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
1	1	Membrane	11	DSTL13	Combination	Max	30.11	100.37	395.2
1	1	Membrane	13	DSTL13	Combination	Max	23948.31	7093.16	395.2
1	1	Membrane	16	DSTL13	Combination	Max	23948.31	7093.16	395.2
1	1	Membrane	14	DSTL13	Combination	Min	-30.11	-100.37	-395.2
1	1	Membrane	11	DSTL13	Combination	Min	-30.11	-100.37	-395.2
1	1	Membrane	13	DSTL13	Combination	Min	-23948.31	-7093.16	-395.2
1	1	Membrane	16	DSTL13	Combination	Min	-23948.31	-7093.16	-395.2
1	1	Membrane	14	DSTL14	Combination		-3.870E-15	-1.139E-15	-9.573E-17
1	1	Membrane	11	DSTL14	Combination		-3.870E-15	-1.139E-15	9.573E-17
1	1	Membrane	13	DSTL14	Combination		-3.547E-15	-1.042E-15	9.573E-17

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	OutputCase	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
1	1	Membrane	16	DSTL14	Combination		-3.547E-15	-1.042E-15	-9.573E-17
1	1	Membrane	14	DSTL15	Combination		-2.903E-15	-8.543E-16	-7.180E-17
1	1	Membrane	11	DSTL15	Combination		-2.903E-15	-8.543E-16	7.180E-17
1	1	Membrane	13	DSTL15	Combination		-2.660E-15	-7.816E-16	7.180E-17
1	1	Membrane	16	DSTL15	Combination		-2.660E-15	-7.816E-16	-7.180E-17
2	2	Membrane	15	DEAD	LinStatic		-3.547E-15	-1.042E-15	9.573E-17
2	2	Membrane	12	DEAD	LinStatic		-3.547E-15	-1.042E-15	-9.573E-17
2	2	Membrane	11	DEAD	LinStatic		-3.870E-15	-1.139E-15	-9.573E-17
2	2	Membrane	14	DEAD	LinStatic		-3.870E-15	-1.139E-15	9.573E-17
2	2	Membrane	15	LIVE	LinStatic		8.868E-16	2.605E-16	-2.393E-17
2	2	Membrane	12	LIVE	LinStatic		8.868E-16	2.605E-16	2.393E-17
2	2	Membrane	11	LIVE	LinStatic		9.675E-16	2.848E-16	2.393E-17
2	2	Membrane	14	LIVE	LinStatic		9.675E-16	2.848E-16	-2.393E-17

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	OutputCase	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
2	2	Membrane	15	VIEN	LinStatic		0.43	1.42	-689.42
2	2	Membrane	12	VIEN	LinStatic		-0.43	-1.42	-689.42
2	2	Membrane	11	VIEN	LinStatic		-0.43	-1.42	-194.13
2	2	Membrane	14	VIEN	LinStatic		0.43	1.42	-194.13
2	2	Membrane	15	GRA NIZO	LinStatic		1.774E-15	5.211E-16	-4.786E-17
2	2	Membrane	12	GRA NIZO	LinStatic		1.774E-15	5.211E-16	4.786E-17
2	2	Membrane	11	GRA NIZO	LinStatic		1.935E-15	5.695E-16	4.786E-17
2	2	Membrane	14	GRA NIZO	LinStatic		1.935E-15	5.695E-16	-4.786E-17
2	2	Membrane	15	EX	LinRespec	Max	0.27	0.91	484.95
2	2	Membrane	12	EX	LinRespec	Max	0.27	0.91	484.95
2	2	Membrane	11	EX	LinRespec	Max	0.27	0.91	86.96
2	2	Membrane	14	EX	LinRespec	Max	0.27	0.91	86.96
2	2	Membrane	15	EY	LinRespec	Max	23948.31	7093.16	395.2

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	OutputCase	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
2	2	Membrane	12	EY	LinRespSpec	Max	23948.31	7093.16	395.2
2	2	Membrane	11	EY	LinRespSpec	Max	30.11	100.37	395.2
2	2	Membrane	14	EY	LinRespSpec	Max	30.11	100.37	395.2
2	2	Membrane	15	DSTL1	Combination		-4.966E-15	-1.459E-15	1.340E-16
2	2	Membrane	12	DSTL1	Combination		-4.966E-15	-1.459E-15	-1.340E-16
2	2	Membrane	11	DSTL1	Combination		-5.418E-15	-1.595E-15	-1.340E-16
2	2	Membrane	14	DSTL1	Combination		-5.418E-15	-1.595E-15	1.340E-16
2	2	Membrane	15	DSTL2	Combination		-1.951E-15	-5.732E-16	5.265E-17
2	2	Membrane	12	DSTL2	Combination		-1.951E-15	-5.732E-16	-5.265E-17
2	2	Membrane	11	DSTL2	Combination		-2.129E-15	-6.265E-16	-5.265E-17

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	OutputCase	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
2	2	Membrane	14	DSTL2	Combination		-2.129E-15	-6.265E-16	5.265E-17
2	2	Membrane	15	DSTL3	Combination		-5.321E-16	-1.563E-16	1.436E-17
2	2	Membrane	12	DSTL3	Combination		-5.321E-16	-1.563E-16	-1.436E-17
2	2	Membrane	11	DSTL3	Combination		-5.805E-16	-1.709E-16	-1.436E-17
2	2	Membrane	14	DSTL3	Combination		-5.805E-16	-1.709E-16	1.436E-17
2	2	Membrane	15	DSTL4	Combination		0.43	1.42	-689.42
2	2	Membrane	12	DSTL4	Combination		-0.43	-1.42	-689.42
2	2	Membrane	11	DSTL4	Combination		-0.43	-1.42	-194.13
2	2	Membrane	14	DSTL4	Combination		0.43	1.42	-194.13
2	2	Membrane	15	DSTL5	Combination		-0.43	-1.42	689.42

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
2	2	Membrane	12	DSTL 5	Combination	0.43	1.42	689.42
2	2	Membrane	11	DSTL 5	Combination	0.43	1.42	194.13
2	2	Membrane	14	DSTL 5	Combination	-0.43	-1.42	194.13
2	2	Membrane	15	DSTL 6	Combination	0.21	0.71	-344.71
2	2	Membrane	12	DSTL 6	Combination	-0.21	-0.71	-344.71
2	2	Membrane	11	DSTL 6	Combination	-0.21	-0.71	-97.07
2	2	Membrane	14	DSTL 6	Combination	0.21	0.71	-97.07
2	2	Membrane	15	DSTL 7	Combination	-0.21	-0.71	344.71
2	2	Membrane	12	DSTL 7	Combination	0.21	0.71	344.71
2	2	Membrane	11	DSTL 7	Combination	0.21	0.71	97.07

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
2	2	Membrane	14	DSTL 7	Combination		-0.21	-0.71	97.07
2	2	Membrane	15	DSTL 8	Combination		0.43	1.42	-689.42
2	2	Membrane	12	DSTL 8	Combination		-0.43	-1.42	-689.42
2	2	Membrane	11	DSTL 8	Combination		-0.43	-1.42	-194.13
2	2	Membrane	14	DSTL 8	Combination		0.43	1.42	-194.13
2	2	Membrane	15	DSTL 9	Combination		-0.43	-1.42	689.42
2	2	Membrane	12	DSTL 9	Combination		0.43	1.42	689.42
2	2	Membrane	11	DSTL 9	Combination		0.43	1.42	194.13
2	2	Membrane	14	DSTL 9	Combination		-0.43	-1.42	194.13
2	2	Membrane	15	DSTL 10	Combination	Max	0.27	0.91	484.95

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
2	2	Membrane	12	DSTL10	Combination	Max	0.27	0.91	484.95
2	2	Membrane	11	DSTL10	Combination	Max	0.27	0.91	86.96
2	2	Membrane	14	DSTL10	Combination	Max	0.27	0.91	86.96
2	2	Membrane	15	DSTL10	Combination	Min	-0.27	-0.91	-484.95
2	2	Membrane	12	DSTL10	Combination	Min	-0.27	-0.91	-484.95
2	2	Membrane	11	DSTL10	Combination	Min	-0.27	-0.91	-86.96
2	2	Membrane	14	DSTL10	Combination	Min	-0.27	-0.91	-86.96
2	2	Membrane	15	DSTL11	Combination	Max	23948.31	7093.16	395.2
2	2	Membrane	12	DSTL11	Combination	Max	23948.31	7093.16	395.2
2	2	Membrane	11	DSTL11	Combination	Max	30.11	100.37	395.2



**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	OutputCase	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
2	2	Membrane	14	DSTL11	Combination	Max	30.11	100.37	395.2
2	2	Membrane	15	DSTL11	Combination	Min	-23948.31	-7093.16	-395.2
2	2	Membrane	12	DSTL11	Combination	Min	-23948.31	-7093.16	-395.2
2	2	Membrane	11	DSTL11	Combination	Min	-30.11	-100.37	-395.2
2	2	Membrane	14	DSTL11	Combination	Min	-30.11	-100.37	-395.2
2	2	Membrane	15	DSTL12	Combination	Max	0.27	0.91	484.95
2	2	Membrane	12	DSTL12	Combination	Max	0.27	0.91	484.95
2	2	Membrane	11	DSTL12	Combination	Max	0.27	0.91	86.96
2	2	Membrane	14	DSTL12	Combination	Max	0.27	0.91	86.96
2	2	Membrane	15	DSTL12	Combination	Min	-0.27	-0.91	-484.95

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Case Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
2	2	Membrane	12	DSTL12	Combination	Min	-0.27	-0.91	-484.95
2	2	Membrane	11	DSTL12	Combination	Min	-0.27	-0.91	-86.96
2	2	Membrane	14	DSTL12	Combination	Min	-0.27	-0.91	-86.96
2	2	Membrane	15	DSTL13	Combination	Max	23948.31	7093.16	395.2
2	2	Membrane	12	DSTL13	Combination	Max	23948.31	7093.16	395.2
2	2	Membrane	11	DSTL13	Combination	Max	30.11	100.37	395.2
2	2	Membrane	14	DSTL13	Combination	Max	30.11	100.37	395.2
2	2	Membrane	15	DSTL13	Combination	Min	-23948.31	-7093.16	-395.2
2	2	Membrane	12	DSTL13	Combination	Min	-23948.31	-7093.16	-395.2
2	2	Membrane	11	DSTL13	Combination	Min	-30.11	-100.37	-395.2

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 1 of 4**

Area	Area Elem	Shell Type	Joint	Output Case	Type	Step Type	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2
2	2	Membrane	14	DSTL 13	Combination	Min	-30.11	-100.37	-395.2
2	2	Membrane	15	DSTL 14	Combination		-3.547E-15	-1.042E-15	9.573E-17
2	2	Membrane	12	DSTL 14	Combination		-3.547E-15	-1.042E-15	-9.573E-17
2	2	Membrane	11	DSTL 14	Combination		-3.870E-15	-1.139E-15	-9.573E-17
2	2	Membrane	14	DSTL 14	Combination		-3.870E-15	-1.139E-15	9.573E-17
2	2	Membrane	15	DSTL 15	Combination		-2.660E-15	-7.816E-16	7.180E-17
2	2	Membrane	12	DSTL 15	Combination		-2.660E-15	-7.816E-16	-7.180E-17
2	2	Membrane	11	DSTL 15	Combination		-2.903E-15	-8.543E-16	-7.180E-17
2	2	Membrane	14	DSTL 15	Combination		-2.903E-15	-8.543E-16	7.180E-17

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTop	SMinTop	SAngle Top	SVMTop	S11Bot
					KN/m2	KN/m2	Degrees	KN/m2	KN/m2
1	1	14	DEAD		-1.136E-15	-3.873E-15	-87.995	3.449E-15	-3.870E-15
1	1	11	DEAD		-1.136E-15	-3.873E-15	87.995	3.449E-15	-3.870E-15
1	1	13	DEAD		-1.039E-15	-3.551E-15	87.815	3.162E-15	-3.547E-15
1	1	16	DEAD		-1.039E-15	-3.551E-15	-87.815	3.162E-15	-3.547E-15
1	1	14	LIVE		9.684E-16	2.839E-16	2.005	8.622E-16	9.675E-16
1	1	11	LIVE		9.684E-16	2.839E-16	-2.005	8.622E-16	9.675E-16
1	1	13	LIVE		8.877E-16	2.596E-16	-2.185	7.906E-16	8.868E-16
1	1	16	LIVE		8.877E-16	2.596E-16	2.185	7.906E-16	8.868E-16
1	1	14	VIENTO		195.06	-193.21	45.073	336.25	0.43
1	1	11	VIENTO		193.21	-195.06	44.927	336.25	-0.43
1	1	13	VIENTO		688.49	-690.34	44.979	1194.11	-0.43
1	1	16	VIENTO		690.34	-688.49	45.021	1194.11	0.43
1	1	14	GRANIZO		1.937E-15	5.678E-16	2.005	1.724E-15	1.935E-15
1	1	11	GRANIZO		1.937E-15	5.678E-16	-2.005	1.724E-15	1.935E-15



**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTo p	SMinTo p	SAngle Top	SVMTo p	S11Bot
					KN/m2	KN/m2	Degrees	KN/m2	KN/m2
1	1	13	GRANIZO		1.775E-15	5.193E-16	-2.185	1.581E-15	1.774E-15
1	1	16	GRANIZO		1.775E-15	5.193E-16	2.185	1.581E-15	1.774E-15
1	1	14	EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	11	EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	13	EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	16	EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	14	EY	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
1	1	11	EY	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
1	1	13	EY	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
1	1	16	EY	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
1	1	14	DSTL1		-1.590E-15	-5.423E-15	-87.995	4.828E-15	-5.418E-15
1	1	11	DSTL1		-1.590E-15	-5.423E-15	87.995	4.828E-15	-5.418E-15
1	1	13	DSTL1		-1.454E-15	-4.971E-15	87.815	4.427E-15	-4.966E-15
1	1	16	DSTL1		-1.454E-15	-4.971E-15	-87.815	4.427E-15	-4.966E-15
1	1	14	DSTL2		-6.246E-16	-2.130E-15	-87.995	1.897E-15	-2.129E-15
1	1	11	DSTL2		-6.246E-16	-2.130E-15	87.995	1.897E-15	-2.129E-15
1	1	13	DSTL2		-5.712E-16	-1.953E-15	87.815	1.739E-15	-1.951E-15
1	1	16	DSTL2		-5.712E-16	-1.953E-15	-87.815	1.739E-15	-1.951E-15

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTop	SMinTop	SAngle Top	SVMTop	S11Bot
					KN/m2	KN/m2	Degrees	KN/m2	KN/m2
1	1	14	DSTL3		-1.704E-16	-5.810E-16	-87.995	5.173E-16	-5.805E-16
1	1	11	DSTL3		-1.704E-16	-5.810E-16	87.995	5.173E-16	-5.805E-16
1	1	13	DSTL3		-1.558E-16	-5.326E-16	87.815	4.743E-16	-5.321E-16
1	1	16	DSTL3		-1.558E-16	-5.326E-16	-87.815	4.743E-16	-5.321E-16
1	1	14	DSTL4		195.06	-193.21	45.073	336.25	0.43
1	1	11	DSTL4		193.21	-195.06	44.927	336.25	-0.43
1	1	13	DSTL4		688.49	-690.34	44.979	1194.11	-0.43
1	1	16	DSTL4		690.34	-688.49	45.021	1194.11	0.43
1	1	14	DSTL5		193.21	-195.06	-44.927	336.25	-0.43
1	1	11	DSTL5		195.06	-193.21	-45.073	336.25	0.43
1	1	13	DSTL5		690.34	-688.49	-45.021	1194.11	0.43
1	1	16	DSTL5		688.49	-690.34	-44.979	1194.11	-0.43
1	1	14	DSTL6		97.53	-96.6	45.073	168.13	0.21
1	1	11	DSTL6		96.6	-97.53	44.927	168.13	-0.21
1	1	13	DSTL6		344.25	-345.17	44.979	597.05	-0.21

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTop KN/m2	SMinTop KN/m2	SAngle Top Degrees	SVMTop KN/m2	S11Bot KN/m2
1	1	16	DSTL6		345.17	-344.25	45.021	597.05	0.21
1	1	14	DSTL7		96.6	-97.53	-44.927	168.13	-0.21
1	1	11	DSTL7		97.53	-96.6	-45.073	168.13	0.21
1	1	13	DSTL7		345.17	-344.25	-45.021	597.05	0.21
1	1	16	DSTL7		344.25	-345.17	-44.979	597.05	-0.21
1	1	14	DSTL8		195.06	-193.21	45.073	336.25	0.43
1	1	11	DSTL8		193.21	-195.06	44.927	336.25	-0.43
1	1	13	DSTL8		688.49	-690.34	44.979	1194.11	-0.43
1	1	16	DSTL8		690.34	-688.49	45.021	1194.11	0.43
1	1	14	DSTL9		193.21	-195.06	-44.927	336.25	-0.43
1	1	11	DSTL9		195.06	-193.21	-45.073	336.25	0.43
1	1	13	DSTL9		690.34	-688.49	-45.021	1194.11	0.43
1	1	16	DSTL9		688.49	-690.34	-44.979	1194.11	-0.43
1	1	14	DSTL10	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	11	DSTL10	Max	0.	0.	0.	0.	0.27

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTo p KN/m2	SMinTo p KN/m2	SAngle Top Degrees	SVMTo p KN/m2	S11Bot KN/m2
1	1	13	DSTL10	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	16	DSTL10	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	14	DSTL10	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
1	1	11	DSTL10	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
1	1	13	DSTL10	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
1	1	16	DSTL10	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
1	1	14	DSTL11	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
1	1	11	DSTL11	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
1	1	13	DSTL11	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
1	1	16	DSTL11	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
1	1	14	DSTL11	Min	0.	0.	0.	0.	-30.11
1	1	11	DSTL11	Min	0.	0.	0.	0.	-30.11
1	1	13	DSTL11	Min	0.	0.	0.	0.	- 23948.31
1	1	16	DSTL11	Min	0.	0.	0.	0.	- 23948.31



**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTo p KN/m2	SMinTo p KN/m2	SAngle Top Degrees	SVMTo p KN/m2	S11Bot KN/m2
1	1	14	DSTL 12	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	11	DSTL 12	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	13	DSTL 12	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	16	DSTL 12	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
1	1	14	DSTL 12	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
1	1	11	DSTL 12	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
1	1	13	DSTL 12	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
1	1	16	DSTL 12	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
1	1	14	DSTL 13	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
1	1	11	DSTL 13	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
1	1	13	DSTL 13	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
1	1	16	DSTL 13	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
1	1	14	DSTL 13	Min	0.	0.	0.	0.	-30.11
1	1	11	DSTL 13	Min	0.	0.	0.	0.	-30.11
1	1	13	DSTL 13	Min	0.	0.	0.	0.	-23948.31

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTo p KN/m2	SMinTo p KN/m2	SAngle Top Degrees	SVMTo p KN/m2	S11Bot KN/m2
1	1	16	DSTL 13	Min	0.	0.	0.	0.	- 23948.3 1
1	1	14	DSTL 14		-1.136E-15	-3.873E-15	-87.995	3.449E-15	-3.870E-15
1	1	11	DSTL 14		-1.136E-15	-3.873E-15	87.995	3.449E-15	-3.870E-15
1	1	13	DSTL 14		-1.039E-15	-3.551E-15	87.815	3.162E-15	-3.547E-15
1	1	16	DSTL 14		-1.039E-15	-3.551E-15	-87.815	3.162E-15	-3.547E-15
1	1	14	DSTL 15		-8.518E-16	-2.905E-15	-87.995	2.587E-15	-2.903E-15
1	1	11	DSTL 15		-8.518E-16	-2.905E-15	87.995	2.587E-15	-2.903E-15
1	1	13	DSTL 15		-7.789E-16	-2.663E-15	87.815	2.372E-15	-2.660E-15
1	1	16	DSTL 15		-7.789E-16	-2.663E-15	-87.815	2.372E-15	-2.660E-15
2	2	15	DEA D		-1.039E-15	-3.551E-15	87.815	3.162E-15	-3.547E-15
2	2	12	DEA D		-1.039E-15	-3.551E-15	-87.815	3.162E-15	-3.547E-15
2	2	11	DEA D		-1.136E-15	-3.873E-15	-87.995	3.449E-15	-3.870E-15
2	2	14	DEA D		-1.136E-15	-3.873E-15	87.995	3.449E-15	-3.870E-15
2	2	15	LIVE		8.877E-16	2.596E-16	-2.185	7.906E-16	8.868E-16
2	2	12	LIVE		8.877E-16	2.596E-16	2.185	7.906E-16	8.868E-16

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTo p KN/m2	SMinTo p KN/m2	SAngle Top Degrees	SVMTo p KN/m2	S11Bot KN/m2
2	2	11	LIVE		9.684E-16	2.839E-16	2.005	8.622E-16	9.675E-16
2	2	14	LIVE		9.684E-16	2.839E-16	-2.005	8.622E-16	9.675E-16
2	2	15	VIEN TO		690.34	-688.49	-45.021	1194.11	0.43
2	2	12	VIEN TO		688.49	-690.34	-44.979	1194.11	-0.43
2	2	11	VIEN TO		193.21	-195.06	-44.927	336.25	-0.43
2	2	14	VIEN TO		195.06	-193.21	-45.073	336.25	0.43
2	2	15	GRANIZO		1.775E-15	5.193E-16	-2.185	1.581E-15	1.774E-15
2	2	12	GRANIZO		1.775E-15	5.193E-16	2.185	1.581E-15	1.774E-15
2	2	11	GRANIZO		1.937E-15	5.678E-16	2.005	1.724E-15	1.935E-15
2	2	14	GRANIZO		1.937E-15	5.678E-16	-2.005	1.724E-15	1.935E-15
2	2	15	EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	12	EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	11	EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	14	EX	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	15	EY	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
2	2	12	EY	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
2	2	11	EY	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
2	2	14	EY	Max	0.	0.	0.	0.	30.11



**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTop	SMinTop	SAngle Top	SVMTop	S11Bot
					KN/m2	KN/m2	Degrees	KN/m2	KN/m2
2	2	15	DSTL 1		-1.454E-15	-4.971E-15	87.815	4.427E-15	-4.966E-15
2	2	12	DSTL 1		-1.454E-15	-4.971E-15	-87.815	4.427E-15	-4.966E-15
2	2	11	DSTL 1		-1.590E-15	-5.423E-15	-87.995	4.828E-15	-5.418E-15
2	2	14	DSTL 1		-1.590E-15	-5.423E-15	87.995	4.828E-15	-5.418E-15
2	2	15	DSTL 2		-5.712E-16	-1.953E-15	87.815	1.739E-15	-1.951E-15
2	2	12	DSTL 2		-5.712E-16	-1.953E-15	-87.815	1.739E-15	-1.951E-15
2	2	11	DSTL 2		-6.246E-16	-2.130E-15	-87.995	1.897E-15	-2.129E-15
2	2	14	DSTL 2		-6.246E-16	-2.130E-15	87.995	1.897E-15	-2.129E-15
2	2	15	DSTL 3		-1.558E-16	-5.326E-16	87.815	4.743E-16	-5.321E-16
2	2	12	DSTL 3		-1.558E-16	-5.326E-16	-87.815	4.743E-16	-5.321E-16
2	2	11	DSTL 3		-1.704E-16	-5.810E-16	-87.995	5.173E-16	-5.805E-16
2	2	14	DSTL 3		-1.704E-16	-5.810E-16	87.995	5.173E-16	-5.805E-16
2	2	15	DSTL 4		690.34	-688.49	-45.021	1194.11	0.43
2	2	12	DSTL 4		688.49	-690.34	-44.979	1194.11	-0.43
2	2	11	DSTL 4		193.21	-195.06	-44.927	336.25	-0.43



**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTop KN/m2	SMinTop KN/m2	SAngle Top Degrees	SVMTop KN/m2	S11Bot KN/m2
2	2	14	DSTL4		195.06	-193.21	-45.073	336.25	0.43
2	2	15	DSTL5		688.49	-690.34	44.979	1194.11	-0.43
2	2	12	DSTL5		690.34	-688.49	45.021	1194.11	0.43
2	2	11	DSTL5		195.06	-193.21	45.073	336.25	0.43
2	2	14	DSTL5		193.21	-195.06	44.927	336.25	-0.43
2	2	15	DSTL6		345.17	-344.25	-45.021	597.05	0.21
2	2	12	DSTL6		344.25	-345.17	-44.979	597.05	-0.21
2	2	11	DSTL6		96.6	-97.53	-44.927	168.13	-0.21
2	2	14	DSTL6		97.53	-96.6	-45.073	168.13	0.21
2	2	15	DSTL7		344.25	-345.17	44.979	597.05	-0.21
2	2	12	DSTL7		345.17	-344.25	45.021	597.05	0.21
2	2	11	DSTL7		97.53	-96.6	45.073	168.13	0.21
2	2	14	DSTL7		96.6	-97.53	44.927	168.13	-0.21
2	2	15	DSTL8		690.34	-688.49	-45.021	1194.11	0.43
2	2	12	DSTL8		688.49	-690.34	-44.979	1194.11	-0.43

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTop KN/m2	SMinTop KN/m2	SAngle Top Degrees	SVMTop KN/m2	S11Bot KN/m2
2	2	11	DSTL8		193.21	-195.06	-44.927	336.25	-0.43
2	2	14	DSTL8		195.06	-193.21	-45.073	336.25	0.43
2	2	15	DSTL9		688.49	-690.34	44.979	1194.11	-0.43
2	2	12	DSTL9		690.34	-688.49	45.021	1194.11	0.43
2	2	11	DSTL9		195.06	-193.21	45.073	336.25	0.43
2	2	14	DSTL9		193.21	-195.06	44.927	336.25	-0.43
2	2	15	DSTL10	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	12	DSTL10	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	11	DSTL10	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	14	DSTL10	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	15	DSTL10	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
2	2	12	DSTL10	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
2	2	11	DSTL10	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
2	2	14	DSTL10	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
2	2	15	DSTL11	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTo p KN/m2	SMinTo p KN/m2	SAngle Top Degrees	SVMTo p KN/m2	S11Bot KN/m2
2	2	12	DSTL 11	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
2	2	11	DSTL 11	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
2	2	14	DSTL 11	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
2	2	15	DSTL 11	Min	0.	0.	0.	0.	-23948.31
2	2	12	DSTL 11	Min	0.	0.	0.	0.	-23948.31
2	2	11	DSTL 11	Min	0.	0.	0.	0.	-30.11
2	2	14	DSTL 11	Min	0.	0.	0.	0.	-30.11
2	2	15	DSTL 12	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	12	DSTL 12	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	11	DSTL 12	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	14	DSTL 12	Max	0.	0.	0.	0.	0.27
2	2	15	DSTL 12	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
2	2	12	DSTL 12	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
2	2	11	DSTL 12	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTo p KN/m2	SMinTo p KN/m2	SAngle Top Degrees	SVMTo p KN/m2	S11Bot KN/m2
2	2	14	DSTL12	Min	0.	0.	0.	0.	-0.27
2	2	15	DSTL13	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
2	2	12	DSTL13	Max	0.	0.	0.	0.	23948.31
2	2	11	DSTL13	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
2	2	14	DSTL13	Max	0.	0.	0.	0.	30.11
2	2	15	DSTL13	Min	0.	0.	0.	0.	-23948.31
2	2	12	DSTL13	Min	0.	0.	0.	0.	-23948.31
2	2	11	DSTL13	Min	0.	0.	0.	0.	-30.11
2	2	14	DSTL13	Min	0.	0.	0.	0.	-30.11
2	2	15	DSTL14		-1.039E-15	-3.551E-15	87.815	3.162E-15	-3.547E-15
2	2	12	DSTL14		-1.039E-15	-3.551E-15	-87.815	3.162E-15	-3.547E-15
2	2	11	DSTL14		-1.136E-15	-3.873E-15	-87.995	3.449E-15	-3.870E-15
2	2	14	DSTL14		-1.136E-15	-3.873E-15	87.995	3.449E-15	-3.870E-15
2	2	15	DSTL15		-7.789E-16	-2.663E-15	87.815	2.372E-15	-2.660E-15



**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 2 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SMaxTop	SMinTop	SAngle Top	SVMTop	S11Bot
					KN/m2	KN/m2	Degrees	KN/m2	KN/m2
2	2	12	DSTL15		-7.789E-16	-2.663E-15	-87.815	2.372E-15	-2.660E-15
2	2	11	DSTL15		-8.518E-16	-2.905E-15	-87.995	2.587E-15	-2.903E-15
2	2	14	DSTL15		-8.518E-16	-2.905E-15	87.995	2.587E-15	-2.903E-15

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot	S12Bot	SMaxBot	SMinBot	SAngle Bot
					KN/m2	KN/m2	KN/m2	KN/m2	Degrees
1	1	14	DEAD		-1.139E-15	-9.573E-17	-1.136E-15	-3.873E-15	-87.995
1	1	11	DEAD		-1.139E-15	9.573E-17	-1.136E-15	-3.873E-15	87.995
1	1	13	DEAD		-1.042E-15	9.573E-17	-1.039E-15	-3.551E-15	87.815
1	1	16	DEAD		-1.042E-15	-9.573E-17	-1.039E-15	-3.551E-15	-87.815
1	1	14	LIVE		2.848E-16	2.393E-17	9.684E-16	2.839E-16	2.005
1	1	11	LIVE		2.848E-16	-2.393E-17	9.684E-16	2.839E-16	-2.005
1	1	13	LIVE		2.605E-16	-2.393E-17	8.877E-16	2.596E-16	-2.185
1	1	16	LIVE		2.605E-16	2.393E-17	8.877E-16	2.596E-16	2.185

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngle Bot Degrees
1	1	14	VIEN TO		1.42	194.13	195.06	-193.21	45.073
1	1	11	VIEN TO		-1.42	194.13	193.21	-195.06	44.927
1	1	13	VIEN TO		-1.42	689.42	688.49	-690.34	44.979
1	1	16	VIEN TO		1.42	689.42	690.34	-688.49	45.021
1	1	14	GRANIZO		5.695E-16	4.786E-17	1.937E-15	5.678E-16	2.005
1	1	11	GRANIZO		5.695E-16	-4.786E-17	1.937E-15	5.678E-16	-2.005
1	1	13	GRANIZO		5.211E-16	-4.786E-17	1.775E-15	5.193E-16	-2.185
1	1	16	GRANIZO		5.211E-16	4.786E-17	1.775E-15	5.193E-16	2.185
1	1	14	EX	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
1	1	11	EX	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
1	1	13	EX	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
1	1	16	EX	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
1	1	14	EY	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
1	1	11	EY	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
1	1	13	EY	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.
1	1	16	EY	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL 1		-1.595E-15	-1.340E-16	-1.590E-15	-5.423E-15	-87.995
1	1	11	DSTL 1		-1.595E-15	1.340E-16	-1.590E-15	-5.423E-15	87.995
1	1	13	DSTL 1		-1.459E-15	1.340E-16	-1.454E-15	-4.971E-15	87.815

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngle Bot Degrees
1	1	16	DSTL 1		-1.459E-15	-1.340E-16	-1.454E-15	-4.971E-15	-87.815
1	1	14	DSTL 2		-6.265E-16	-5.265E-17	-6.246E-16	-2.130E-15	-87.995
1	1	11	DSTL 2		-6.265E-16	5.265E-17	-6.246E-16	-2.130E-15	87.995
1	1	13	DSTL 2		-5.732E-16	5.265E-17	-5.712E-16	-1.953E-15	87.815
1	1	16	DSTL 2		-5.732E-16	-5.265E-17	-5.712E-16	-1.953E-15	-87.815
1	1	14	DSTL 3		-1.709E-16	-1.436E-17	-1.704E-16	-5.810E-16	-87.995
1	1	11	DSTL 3		-1.709E-16	1.436E-17	-1.704E-16	-5.810E-16	87.995
1	1	13	DSTL 3		-1.563E-16	1.436E-17	-1.558E-16	-5.326E-16	87.815
1	1	16	DSTL 3		-1.563E-16	-1.436E-17	-1.558E-16	-5.326E-16	-87.815
1	1	14	DSTL 4		1.42	194.13	195.06	-193.21	45.073
1	1	11	DSTL 4		-1.42	194.13	193.21	-195.06	44.927
1	1	13	DSTL 4		-1.42	689.42	688.49	-690.34	44.979
1	1	16	DSTL 4		1.42	689.42	690.34	-688.49	45.021
1	1	14	DSTL 5		-1.42	-194.13	193.21	-195.06	-44.927
1	1	11	DSTL 5		1.42	-194.13	195.06	-193.21	-45.073

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngle Bot Degrees
1	1	13	DSTL5		1.42	-689.42	690.34	-688.49	-45.021
1	1	16	DSTL5		-1.42	-689.42	688.49	-690.34	-44.979
1	1	14	DSTL6		0.71	97.07	97.53	-96.6	45.073
1	1	11	DSTL6		-0.71	97.07	96.6	-97.53	44.927
1	1	13	DSTL6		-0.71	344.71	344.25	-345.17	44.979
1	1	16	DSTL6		0.71	344.71	345.17	-344.25	45.021
1	1	14	DSTL7		-0.71	-97.07	96.6	-97.53	-44.927
1	1	11	DSTL7		0.71	-97.07	97.53	-96.6	-45.073
1	1	13	DSTL7		0.71	-344.71	345.17	-344.25	-45.021
1	1	16	DSTL7		-0.71	-344.71	344.25	-345.17	-44.979
1	1	14	DSTL8		1.42	194.13	195.06	-193.21	45.073
1	1	11	DSTL8		-1.42	194.13	193.21	-195.06	44.927
1	1	13	DSTL8		-1.42	689.42	688.49	-690.34	44.979
1	1	16	DSTL8		1.42	689.42	690.34	-688.49	45.021
1	1	14	DSTL9		-1.42	-194.13	193.21	-195.06	-44.927

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngleBot Degrees
1	1	11	DSTL9		1.42	-194.13	195.06	-193.21	-45.073
1	1	13	DSTL9		1.42	-689.42	690.34	-688.49	-45.021
1	1	16	DSTL9		-1.42	-689.42	688.49	-690.34	-44.979
1	1	14	DSTL10	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL10	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL10	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL10	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL10	Min	-0.91	-86.96	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL10	Min	-0.91	-86.96	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL10	Min	-0.91	-484.95	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL10	Min	-0.91	-484.95	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL11	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL11	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL11	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL11	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngleBot Degrees
1	1	14	DSTL 11	Min	-100.37	-395.2	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL 11	Min	-100.37	-395.2	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL 11	Min	-7093.16	-395.2	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL 11	Min	-7093.16	-395.2	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL 12	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL 12	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL 12	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL 12	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL 12	Min	-0.91	-86.96	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL 12	Min	-0.91	-86.96	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL 12	Min	-0.91	-484.95	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL 12	Min	-0.91	-484.95	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL 13	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL 13	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL 13	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngle Bot Degrees
1	1	16	DSTL13	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL13	Min	-100.37	-395.2	0.	0.	0.
1	1	11	DSTL13	Min	-100.37	-395.2	0.	0.	0.
1	1	13	DSTL13	Min	-7093.16	-395.2	0.	0.	0.
1	1	16	DSTL13	Min	-7093.16	-395.2	0.	0.	0.
1	1	14	DSTL14		-1.139E-15	-9.573E-17	-1.136E-15	-3.873E-15	-87.995
1	1	11	DSTL14		-1.139E-15	9.573E-17	-1.136E-15	-3.873E-15	87.995
1	1	13	DSTL14		-1.042E-15	9.573E-17	-1.039E-15	-3.551E-15	87.815
1	1	16	DSTL14		-1.042E-15	-9.573E-17	-1.039E-15	-3.551E-15	-87.815
1	1	14	DSTL15		-8.543E-16	-7.180E-17	-8.518E-16	-2.905E-15	-87.995
1	1	11	DSTL15		-8.543E-16	7.180E-17	-8.518E-16	-2.905E-15	87.995
1	1	13	DSTL15		-7.816E-16	7.180E-17	-7.789E-16	-2.663E-15	87.815
1	1	16	DSTL15		-7.816E-16	-7.180E-17	-7.789E-16	-2.663E-15	-87.815
2	2	15	DEAD		-1.042E-15	9.573E-17	-1.039E-15	-3.551E-15	87.815
2	2	12	DEAD		-1.042E-15	-9.573E-17	-1.039E-15	-3.551E-15	-87.815

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngle Bot Degrees
2	2	11	DEAD		-1.139E-15	-9.573E-17	-1.136E-15	-3.873E-15	-87.995
2	2	14	DEAD		-1.139E-15	9.573E-17	-1.136E-15	-3.873E-15	87.995
2	2	15	LIVE		2.605E-16	-2.393E-17	8.877E-16	2.596E-16	-2.185
2	2	12	LIVE		2.605E-16	2.393E-17	8.877E-16	2.596E-16	2.185
2	2	11	LIVE		2.848E-16	2.393E-17	9.684E-16	2.839E-16	2.005
2	2	14	LIVE		2.848E-16	-2.393E-17	9.684E-16	2.839E-16	-2.005
2	2	15	WIND		1.42	-689.42	690.34	-688.49	-45.021
2	2	12	WIND		-1.42	-689.42	688.49	-690.34	-44.979
2	2	11	WIND		-1.42	-194.13	193.21	-195.06	-44.927
2	2	14	WIND		1.42	-194.13	195.06	-193.21	-45.073
2	2	15	GRANIZO		5.211E-16	-4.786E-17	1.775E-15	5.193E-16	-2.185
2	2	12	GRANIZO		5.211E-16	4.786E-17	1.775E-15	5.193E-16	2.185
2	2	11	GRANIZO		5.695E-16	4.786E-17	1.937E-15	5.678E-16	2.005
2	2	14	GRANIZO		5.695E-16	-4.786E-17	1.937E-15	5.678E-16	-2.005
2	2	15	EX	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
2	2	12	EX	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.





Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngle Bot Degrees
2	2	11	EX	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
2	2	14	EX	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
2	2	15	EY	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.
2	2	12	EY	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.
2	2	11	EY	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
2	2	14	EY	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL 1		-1.459E- 15	1.340E- 16	-1.454E- 15	-4.971E- 15	87.815
2	2	12	DSTL 1		-1.459E- 15	-1.340E- 16	-1.454E- 15	-4.971E- 15	-87.815
2	2	11	DSTL 1		-1.595E- 15	-1.340E- 16	-1.590E- 15	-5.423E- 15	-87.995
2	2	14	DSTL 1		-1.595E- 15	1.340E- 16	-1.590E- 15	-5.423E- 15	87.995
2	2	15	DSTL 2		-5.732E- 16	5.265E- 17	-5.712E- 16	-1.953E- 15	87.815
2	2	12	DSTL 2		-5.732E- 16	-5.265E- 17	-5.712E- 16	-1.953E- 15	-87.815
2	2	11	DSTL 2		-6.265E- 16	-5.265E- 17	-6.246E- 16	-2.130E- 15	-87.995
2	2	14	DSTL 2		-6.265E- 16	5.265E- 17	-6.246E- 16	-2.130E- 15	87.995
2	2	15	DSTL 3		-1.563E- 16	1.436E- 17	-1.558E- 16	-5.326E- 16	87.815
2	2	12	DSTL 3		-1.563E- 16	-1.436E- 17	-1.558E- 16	-5.326E- 16	-87.815
2	2	11	DSTL 3		-1.709E- 16	-1.436E- 17	-1.704E- 16	-5.810E- 16	-87.995
2	2	14	DSTL 3		-1.709E- 16	1.436E- 17	-1.704E- 16	-5.810E- 16	87.995

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngle Bot Degrees
2	2	15	DSTL4		1.42	-689.42	690.34	-688.49	-45.021
2	2	12	DSTL4		-1.42	-689.42	688.49	-690.34	-44.979
2	2	11	DSTL4		-1.42	-194.13	193.21	-195.06	-44.927
2	2	14	DSTL4		1.42	-194.13	195.06	-193.21	-45.073
2	2	15	DSTL5		-1.42	689.42	688.49	-690.34	44.979
2	2	12	DSTL5		1.42	689.42	690.34	-688.49	45.021
2	2	11	DSTL5		1.42	194.13	195.06	-193.21	45.073
2	2	14	DSTL5		-1.42	194.13	193.21	-195.06	44.927
2	2	15	DSTL6		0.71	-344.71	345.17	-344.25	-45.021
2	2	12	DSTL6		-0.71	-344.71	344.25	-345.17	-44.979
2	2	11	DSTL6		-0.71	-97.07	96.6	-97.53	-44.927
2	2	14	DSTL6		0.71	-97.07	97.53	-96.6	-45.073
2	2	15	DSTL7		-0.71	344.71	344.25	-345.17	44.979
2	2	12	DSTL7		0.71	344.71	345.17	-344.25	45.021
2	2	11	DSTL7		0.71	97.07	97.53	-96.6	45.073

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngle Bot Degrees
2	2	14	DSTL7		-0.71	97.07	96.6	-97.53	44.927
2	2	15	DSTL8		1.42	-689.42	690.34	-688.49	-45.021
2	2	12	DSTL8		-1.42	-689.42	688.49	-690.34	-44.979
2	2	11	DSTL8		-1.42	-194.13	193.21	-195.06	-44.927
2	2	14	DSTL8		1.42	-194.13	195.06	-193.21	-45.073
2	2	15	DSTL9		-1.42	689.42	688.49	-690.34	44.979
2	2	12	DSTL9		1.42	689.42	690.34	-688.49	45.021
2	2	11	DSTL9		1.42	194.13	195.06	-193.21	45.073
2	2	14	DSTL9		-1.42	194.13	193.21	-195.06	44.927
2	2	15	DSTL10	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL10	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL10	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL10	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL10	Min	-0.91	-484.95	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL10	Min	-0.91	-484.95	0.	0.	0.

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngleBot Degrees
2	2	11	DSTL10	Min	-0.91	-86.96	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL10	Min	-0.91	-86.96	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL11	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL11	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL11	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL11	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL11	Min	-7093.16	-395.2	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL11	Min	-7093.16	-395.2	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL11	Min	-100.37	-395.2	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL11	Min	-100.37	-395.2	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL12	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL12	Max	0.91	484.95	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL12	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL12	Max	0.91	86.96	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL12	Min	-0.91	-484.95	0.	0.	0.

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot KN/m2	S12Bot KN/m2	SMaxBot KN/m2	SMinBot KN/m2	SAngle Bot Degrees
2	2	12	DSTL12	Min	-0.91	-484.95	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL12	Min	-0.91	-86.96	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL12	Min	-0.91	-86.96	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL13	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL13	Max	7093.16	395.2	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL13	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL13	Max	100.37	395.2	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL13	Min	-7093.16	-395.2	0.	0.	0.
2	2	12	DSTL13	Min	-7093.16	-395.2	0.	0.	0.
2	2	11	DSTL13	Min	-100.37	-395.2	0.	0.	0.
2	2	14	DSTL13	Min	-100.37	-395.2	0.	0.	0.
2	2	15	DSTL14		-1.042E-15	9.573E-17	-1.039E-15	-3.551E-15	87.815
2	2	12	DSTL14		-1.042E-15	-9.573E-17	-1.039E-15	-3.551E-15	-87.815
2	2	11	DSTL14		-1.139E-15	-9.573E-17	-1.136E-15	-3.873E-15	-87.995
2	2	14	DSTL14		-1.139E-15	9.573E-17	-1.136E-15	-3.873E-15	87.995

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 3 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	S22Bot	S12Bot	SMaxBot	SMinBot	SAngle Bot
					KN/m2	KN/m2	KN/m2	KN/m2	Degrees
2	2	15	DSTL15		-7.816E-16	7.180E-17	-7.789E-16	-2.663E-15	87.815
2	2	12	DSTL15		-7.816E-16	-7.180E-17	-7.789E-16	-2.663E-15	-87.815
2	2	11	DSTL15		-8.543E-16	-7.180E-17	-8.518E-16	-2.905E-15	-87.995
2	2	14	DSTL15		-8.543E-16	7.180E-17	-8.518E-16	-2.905E-15	87.995

**Table 31: Element Stresses - Area Shells, Part 4 of 4**

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SVMBot
					KN/m2
1	1	14	DEAD		3.449E-15
1	1	11	DEAD		3.449E-15
1	1	13	DEAD		3.162E-15
1	1	16	DEAD		3.162E-15
1	1	14	LIVE		8.622E-16
1	1	11	LIVE		8.622E-16
1	1	13	LIVE		7.906E-16

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	Outp utCa se	Step Type	SVMBot  KN/m2
1	1	16	LIVE		7.906E- 16
1	1	14	VIEN TO		336.25
1	1	11	VIEN TO		336.25
1	1	13	VIEN TO		1194.11
1	1	16	VIEN TO		1194.11
1	1	14	GRA NIZO		1.724E- 15
1	1	11	GRA NIZO		1.724E- 15
1	1	13	GRA NIZO		1.581E- 15
1	1	16	GRA NIZO		1.581E- 15
1	1	14	EX	Max	0.
1	1	11	EX	Max	0.
1	1	13	EX	Max	0.
1	1	16	EX	Max	0.
1	1	14	EY	Max	0.
1	1	11	EY	Max	0.
1	1	13	EY	Max	0.
1	1	16	EY	Max	0.
1	1	14	DSTL 1		4.828E- 15

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SVMBot KN/m2
1	1	11	DSTL 1		4.828E-15
1	1	13	DSTL 1		4.427E-15
1	1	16	DSTL 1		4.427E-15
1	1	14	DSTL 2		1.897E-15
1	1	11	DSTL 2		1.897E-15
1	1	13	DSTL 2		1.739E-15
1	1	16	DSTL 2		1.739E-15
1	1	14	DSTL 3		5.173E-16
1	1	11	DSTL 3		5.173E-16
1	1	13	DSTL 3		4.743E-16
1	1	16	DSTL 3		4.743E-16
1	1	14	DSTL 4		336.25
1	1	11	DSTL 4		336.25
1	1	13	DSTL 4		1194.11
1	1	16	DSTL 4		1194.11



**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	Outp utCa se	Step Type	SVMBot  KN/m2
1	1	14	DSTL 5		336.25
1	1	11	DSTL 5		336.25
1	1	13	DSTL 5		1194.11
1	1	16	DSTL 5		1194.11
1	1	14	DSTL 6		168.13
1	1	11	DSTL 6		168.13
1	1	13	DSTL 6		597.05
1	1	16	DSTL 6		597.05
1	1	14	DSTL 7		168.13
1	1	11	DSTL 7		168.13
1	1	13	DSTL 7		597.05
1	1	16	DSTL 7		597.05
1	1	14	DSTL 8		336.25
1	1	11	DSTL 8		336.25
1	1	13	DSTL 8		1194.11

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SVMBot KN/m2
1	1	16	DSTL 8		1194.11
1	1	14	DSTL 9		336.25
1	1	11	DSTL 9		336.25
1	1	13	DSTL 9		1194.11
1	1	16	DSTL 9		1194.11
1	1	14	DSTL 10	Max	0.
1	1	11	DSTL 10	Max	0.
1	1	13	DSTL 10	Max	0.
1	1	16	DSTL 10	Max	0.
1	1	14	DSTL 10	Min	0.
1	1	11	DSTL 10	Min	0.
1	1	13	DSTL 10	Min	0.
1	1	16	DSTL 10	Min	0.
1	1	14	DSTL 11	Max	0.
1	1	11	DSTL 11	Max	0.

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SVMBot KN/m2
1	1	13	DSTL 11	Max	0.
1	1	16	DSTL 11	Max	0.
1	1	14	DSTL 11	Min	0.
1	1	11	DSTL 11	Min	0.
1	1	13	DSTL 11	Min	0.
1	1	16	DSTL 11	Min	0.
1	1	14	DSTL 12	Max	0.
1	1	11	DSTL 12	Max	0.
1	1	13	DSTL 12	Max	0.
1	1	16	DSTL 12	Max	0.
1	1	14	DSTL 12	Min	0.
1	1	11	DSTL 12	Min	0.
1	1	13	DSTL 12	Min	0.
1	1	16	DSTL 12	Min	0.
1	1	14	DSTL 13	Max	0.

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	Outp utCa se	Step Type	SVMBot  KN/m2
1	1	11	DSTL 13	Max	0.
1	1	13	DSTL 13	Max	0.
1	1	16	DSTL 13	Max	0.
1	1	14	DSTL 13	Min	0.
1	1	11	DSTL 13	Min	0.
1	1	13	DSTL 13	Min	0.
1	1	16	DSTL 13	Min	0.
1	1	14	DSTL 14		3.449E- 15
1	1	11	DSTL 14		3.449E- 15
1	1	13	DSTL 14		3.162E- 15
1	1	16	DSTL 14		3.162E- 15
1	1	14	DSTL 15		2.587E- 15
1	1	11	DSTL 15		2.587E- 15
1	1	13	DSTL 15		2.372E- 15
1	1	16	DSTL 15		2.372E- 15

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	Outp utCa se	Step Type	SVMBot  KN/m2
2	2	15	DEA D		3.162E- 15
2	2	12	DEA D		3.162E- 15
2	2	11	DEA D		3.449E- 15
2	2	14	DEA D		3.449E- 15
2	2	15	LIVE		7.906E- 16
2	2	12	LIVE		7.906E- 16
2	2	11	LIVE		8.622E- 16
2	2	14	LIVE		8.622E- 16
2	2	15	VIEN TO		1194.11
2	2	12	VIEN TO		1194.11
2	2	11	VIEN TO		336.25
2	2	14	VIEN TO		336.25
2	2	15	GRA NIZO		1.581E- 15
2	2	12	GRA NIZO		1.581E- 15
2	2	11	GRA NIZO		1.724E- 15

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SVMBot KN/m2
2	2	14	GRANIZO		1.724E-15
2	2	15	EX	Max	0.
2	2	12	EX	Max	0.
2	2	11	EX	Max	0.
2	2	14	EX	Max	0.
2	2	15	EY	Max	0.
2	2	12	EY	Max	0.
2	2	11	EY	Max	0.
2	2	14	EY	Max	0.
2	2	15	DSTL1		4.427E-15
2	2	12	DSTL1		4.427E-15
2	2	11	DSTL1		4.828E-15
2	2	14	DSTL1		4.828E-15
2	2	15	DSTL2		1.739E-15
2	2	12	DSTL2		1.739E-15
2	2	11	DSTL2		1.897E-15
2	2	14	DSTL2		1.897E-15
2	2	15	DSTL3		4.743E-16

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SVMBot KN/m2
2	2	12	DSTL 3		4.743E-16
2	2	11	DSTL 3		5.173E-16
2	2	14	DSTL 3		5.173E-16
2	2	15	DSTL 4		1194.11
2	2	12	DSTL 4		1194.11
2	2	11	DSTL 4		336.25
2	2	14	DSTL 4		336.25
2	2	15	DSTL 5		1194.11
2	2	12	DSTL 5		1194.11
2	2	11	DSTL 5		336.25
2	2	14	DSTL 5		336.25
2	2	15	DSTL 6		597.05
2	2	12	DSTL 6		597.05
2	2	11	DSTL 6		168.13
2	2	14	DSTL 6		168.13

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SVMBot KN/m2
2	2	15	DSTL 7		597.05
2	2	12	DSTL 7		597.05
2	2	11	DSTL 7		168.13
2	2	14	DSTL 7		168.13
2	2	15	DSTL 8		1194.11
2	2	12	DSTL 8		1194.11
2	2	11	DSTL 8		336.25
2	2	14	DSTL 8		336.25
2	2	15	DSTL 9		1194.11
2	2	12	DSTL 9		1194.11
2	2	11	DSTL 9		336.25
2	2	14	DSTL 9		336.25
2	2	15	DSTL 10	Max	0.
2	2	12	DSTL 10	Max	0.
2	2	11	DSTL 10	Max	0.



**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	Outp utCa se	Step Type	SVMBot  KN/m2
2	2	14	DSTL 10	Max	0.
2	2	15	DSTL 10	Min	0.
2	2	12	DSTL 10	Min	0.
2	2	11	DSTL 10	Min	0.
2	2	14	DSTL 10	Min	0.
2	2	15	DSTL 11	Max	0.
2	2	12	DSTL 11	Max	0.
2	2	11	DSTL 11	Max	0.
2	2	14	DSTL 11	Max	0.
2	2	15	DSTL 11	Min	0.
2	2	12	DSTL 11	Min	0.
2	2	11	DSTL 11	Min	0.
2	2	14	DSTL 11	Min	0.
2	2	15	DSTL 12	Max	0.
2	2	12	DSTL 12	Max	0.

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SVMBot
					KN/m2
2	2	11	DSTL12	Max	0.
2	2	14	DSTL12	Max	0.
2	2	15	DSTL12	Min	0.
2	2	12	DSTL12	Min	0.
2	2	11	DSTL12	Min	0.
2	2	14	DSTL12	Min	0.
2	2	15	DSTL13	Max	0.
2	2	12	DSTL13	Max	0.
2	2	11	DSTL13	Max	0.
2	2	14	DSTL13	Max	0.
2	2	15	DSTL13	Min	0.
2	2	12	DSTL13	Min	0.
2	2	11	DSTL13	Min	0.
2	2	14	DSTL13	Min	0.
2	2	15	DSTL14		3.162E-15

**Table 31: Element Stresses - Area Shells,  
Part 4 of 4**

Area	Area Elem	Joint	OutputCase	Step Type	SVMBot KN/m2
2	2	12	DSTL 14		3.162E- 15
2	2	11	DSTL 14		3.449E- 15
2	2	14	DSTL 14		3.449E- 15
2	2	15	DSTL 15		2.372E- 15
2	2	12	DSTL 15		2.372E- 15
2	2	11	DSTL 15		2.587E- 15
2	2	14	DSTL 15		2.587E- 15

## 11. Material take-off

This section provides a material take-off.

**Table 32: Material List 2 - By Section Property**

**Table 32: Material List 2 - By Section Property**

Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength m	TotalWeight KN
PTC 4"x3mm	Frame	7	8.	0.572
Panel	Area			2.309E- 03

## 12. Design preferences

This section provides the design preferences for each type of design, which typically include material reduction factors, framing type, stress ratio limit, deflection limits, and other code specific items.

### 12.1. Steel design

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4**

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4**

THDesign	FrameType	PatLLF	SRatioLimit	MaxIter	SDC	SeisCode	SeisLoad	ImpFactor
Envelopes	SMF	0.75	0.95	1	D	Yes	Yes	1.

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4**

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4**

System Rho	System Sds	System R	System Cd	Omega0	Provision	AMethod	SOMethod	SRMethod
1.	0.5	1.5	5.5	3.	LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau-b Fixed

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4**

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4**

NLCoeff	PhiB	PhiC	PhiTY	PhiTF	PhiV	PhiVRolled	PhiVT	PlugWeld
0.002	0.9	0.9	0.9	0.75	0.9	1.	0.9	Yes

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4**

**Table 33: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4**

HSSWelding	HSSReduceT	CheckDefl	DLRat	SDLandLLRat	LLRat	TotalRat	NetRat
ERW	No	No	120.	120.	360.	240.	240.

### 12.2. Concrete design

**Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 1 of 2**

**Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 1 of 2**

THDesign	NumCures	NumPoints	MinEccen	PatLLF	UFLimit	SeisCat	Rho	Sds
Envelopes	24	11	Yes	0.75	0.95	D	1.	0.5

**Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 2 of 2**

**Table 34: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 2 of 2**

PhiT	PhiCTied	PhiCSpiral	PhiV	PhiVSeismic	PhiVJoint
0.9	0.65	0.75	0.75	0.6	0.85

### 12.3. Aluminum design

**Table 35: Preferences - Aluminum Design - AA-ASD 2000**

**Table 35: Preferences - Aluminum Design - AA-ASD 2000**

THDesign	FrameType	SRatioLimit	MaxIter	LatFactor	UseLatFactor	Bridge
Step-by-Step	Moment Frame	1.	1	1.333333	No	No

#### 12.4. Cold formed design

**Table 36: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96, Part 1 of 2**

**Table 36: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96, Part 1 of 2**

THDesign	FrameType	SRatioLimit	MaxIter	Omega BS	Omega BUS	Omega BLTB	Omega VS	Omega VNS
Envelopes	Braced Frame	1.	1	1.67	1.67	1.67	1.67	1.5

**Table 36: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96, Part 2 of 2**

**Table 36:  
Preferences -  
Cold Formed  
Design - AISI-  
ASD96, Part 2 of 2**

Omega T	Omega C
1.67	1.8

### 13. Design overwrites

This section provides the design overwrites for each type of design, which are assigned to individual members of the structure.

#### 13.1. Steel design

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 7**

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 7**

Frame	DesignSect	FrameType	Fy KN/m2	RLLF	AreaRatio	XMLMajor
1	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
2	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
5	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
8	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
9	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
10	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.
11	Program Determined	Program Determined	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 7**

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 7**

Frame	XMLMinor	XLLTB	K1Major	K1Minor	K2Major	K2Minor	KLTB
1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 7**

Frame	XLMino r	XLLTB	K1Major	K1Mino r	K2Major	K2Mino r	KLTB
8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 7**

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 7**

Frame	CmMajo r	CmMino r	Cb	B1Major	B1Mino r	B2Major	B2Mino r
1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 7**

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 7**

Frame	HSSRed uceT	HSSWel ding	Omega0	Ry	Pnc KN	Pnt KN	Mn3 KN-m
1	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.
2	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.



**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 7**

Frame	HSSRed uceT	HSSWel ding	Omega0	Ry	Pnc KN	Pnt KN	Mn3 KN-m
5	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.
8	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.
9	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.
10	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.
11	Program Determi ned	Program Determi ned	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 5 of 7**

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 5 of 7**

Frame	Mn2 KN-m	Vn2 KN	Vn3 KN	CheckD efl	DeflType	DLRat	SDLAnd LLRat
1	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.
2	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.
5	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 5 of 7**

Frame	Mn2 KN-m	Vn2 KN	Vn3 KN	CheckD efl	DeflType	DLRat	SDLAnd LLRat
8	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.
9	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.
10	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.
11	0.	0.	0.	Program Determi ned	Program Determined	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 6 of 7**

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 6 of 7**

Frame	LLRat	TotalRa t	NetRat	DLAbs m	SDLAnd LLAbs m	LLAbs m	TotalAb s m
1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC 360-16, Part 7 of 7**

**Table 37: Overwrites - Steel Design - AISC  
360-16, Part 7 of 7**

Frame	NetAbs m	SpecCa mber m	DCLimit
1	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.
5	0.	0.	0.
8	0.	0.	0.
9	0.	0.	0.
10	0.	0.	0.
11	0.	0.	0.

**Diseñó:**

**Luis Fernando Caballero Castro**

**Ingeniero Civil**

**Especialista en Estructuras**

**M.P 17202- 371892 CLD**

Firma





REPÚBLICA DE COLOMBIA  
**COPNIA**  
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matrícula Profesional No.  
**17202-371892 CLD**  
Fecha de Expedición: **19/10/2017**

Nombre:

**LUIS FERNANDO  
CABALLERO CASTRO**

Identificación:

**C.C. 1053842359**

Profesión:

**INGENIERO CIVIL**

Institución:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
COLOMBIA**





## MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD CIVIL Y ESTRUCTURAL

Yo, Luis Fernando Caballero Castro identificado con cédula de ciudadanía N° 1.053'842.359, de profesión Ingeniero Civil con T.P. N° 17202-371892 CLD, en el ejercicio de la facultad conferida por el Decreto 926 de 2010 NSR-10, modificado por el Decreto 2525 del 13 de julio de 2010, por medio del presente documento declaro que asumo toda responsabilidad de los cálculos, planos civiles, estructurales y datos geotécnicos contenidos en las memorias del proyecto **“Implementación de soluciones solares fotovoltaicas para usuarios en la zona rural del municipio de Orito, Putumayo”**.

Teniendo en cuenta lo anterior hago las siguientes consideraciones geotécnicas:

Según inspección realizada a los inmuebles y edificaciones colindantes se pudo establecer que estos no presentan asentamientos diferenciales considerables o apreciables a la vista, ni agrietamientos, ni deslizamientos, por lo que se puede concluir que el comportamiento de tales inmuebles ha sido adecuado.

De conformidad con los apiques exploratorios realizados en el subsuelo y de acuerdo a la experiencia acumulada puedo certificar que la capacidad portante admisible del suelo en contacto con la estructura es de: 5 Ton/m<sup>2</sup>.

Para constancia de lo anterior, se firma en la ciudad de Manizales, a los 03 días del mes de Noviembre del año 2020.

En constancia,

**LUIS FERNANDO CABALLERO CASTRO**

**Ingeniero Civil/Estructural**

C.C. N° 1.053'842.359

M.P.: 17202-371892 CLD



El futuro  
es de todos

Minenergía

**IPSE**

Instituto de Planificación y Promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
Zonas No Interconectadas

Manizales, Noviembre 3 de 2020.

Señores:

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA**

Por medio de la presente, quien se suscribe, LUIS FERNANDO CABALLERO CASTRO, Ingeniero Civil con matrícula profesional N° 17202-371892 CLD, identificado con la CC. N° 1.053'842.359; Declaro mi conformidad para ceder los derechos como autor del diseño civil/estructural del proyecto: "Implementación de soluciones solares fotovoltaicas para usuarios en la zona rural del municipio de Orito - Putumayo", al Ministerio de Minas y Energía.

En constancia,

**LUIS FERNANDO CABALLERO CASTRO**

**Ingeniero Civil/Estructural**

C.C. N° 1.053'842.359

M.P.: 17202-371892 CLD