

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <i>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</i>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

## MEMORIA DE CÁLCULO

**PROYECTO:** Unidad de Gen. Fot. 320 W, Liceo Municipal de Nacimiento  
**DIRECCIÓN:** Calle La Cruz 685, Comuna de Nacimiento  
 Región del Bio-Bio.  
**CLIENTE:** Ecoambiente Solar

Revisión	Fecha	Realizado	Revisado	Aprobado	Observaciones



Andrea Ponce García  
 Ing. Civil OO.CC

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <i>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</i>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. LISTADO DE NORMAS, CÓDIGOS Y/O CRITERIOS DE DISEÑO
  - 2.1. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS
  - 2.2. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN
  - 2.3. ESTRUCTURAS DE ACERO
  - 2.4. OTROS
3. MATERIALES
  - 3.1. PROPIEDADES
  - 3.2. RESISTENCIA
  - 3.3. MÓDULOS DE ELASTICIDAD
4. ANÁLISIS
  - 4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL
  - 4.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS SÍSMICO
  - 4.3. DISEÑO POR VIENTO
  - 4.4. COMBINACIONES DE CARGAS
5. CONCLUSIONES
6. ANEXOS

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <b>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</b>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

## 1. INTRODUCCIÓN

La presente memoria de cálculo entregará todos los antecedentes considerados para definir y diseñar una UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA de 320 W en potencia proyectada para ser instalado en Liceo Municipal en Comuna de Nacimiento, de manera tal que la superficie donde será apoyado dicho sistema cumpla con las respuestas a las solicitudes estructurales necesarias.

Por lo tanto, en el presente documento, entregará la verificación estructural del sistema de estructura de cubierta existente de dos edificaciones dentro del mismo recinto, ubicado en la comuna de San Carlos. Ambas cubiertas son con un agua y se instalarán de manera proporcional a la cantidad total de paneles utilizados.



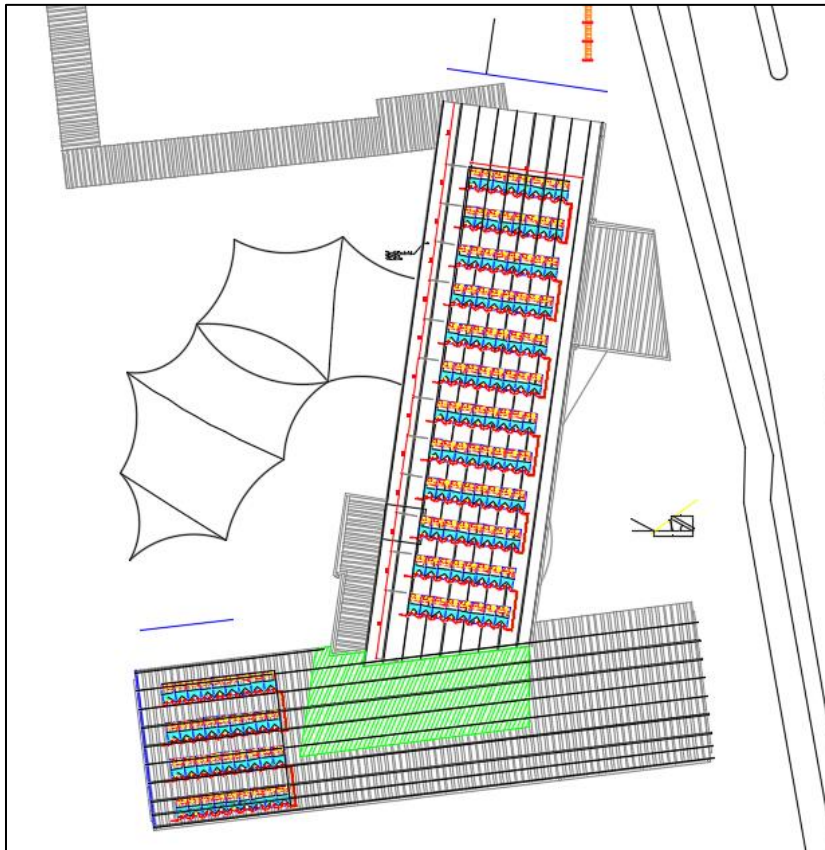
ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <b>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</b>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

#### ANTECEDENTES GENERALES:

Contempla la instalación de 125 paneles divididos sobre dos cubiertas y cada uno de los sistemas tienen un total de 320 W ; la estructura es inclinada con respecto a la cubierta y estarán todos anclados directo a costaneras de cubierta pertenecientes a la estructura de techumbre de ambas edificaciones utilizadas para apoyo de la planta.

Los paneles fotovoltaicos tienen un peso aproximado de 23 Kg (11.62 Kg/m<sup>2</sup> sobre una superficie de 995 x 2000 cms<sup>2</sup>). Los 125 paneles implican un peso propio total de 2875 Kg, que se distribuyen en  $\pm$  400 metros cuadrados de superficie, lo cual implica un coeficiente de 7.2 Kg/M<sup>2</sup>.

Esta carga es repartida en las cubiertas de ambas edificaciones y los paneles irán apoyados directo a estructura de cubierta , de manera que dos paneles de 995x2000 tienen 4 apoyos, como se indica en láminas respectivas, con esto último se procederá a verificar el soporte directo a estos elementos por efecto de la solicitación efecto de la instalación de los paneles y del mismo modo se verificará la conexión mediante tornillos tirafondos. Todos los detalles de conexiones irán adjuntos a la presente memoria para mayor claridad del sistema completo.



ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <i>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</i>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

## 2. LISTADO DE NORMAS, CÓDIGOS Y/O CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño estructural se realiza en conformidad con lo establecido en las siguientes normas, códigos y/o criterios de diseño señalados a continuación:

### 2.1. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS

Nch 1537. Of 2009 (Nch 1537)

“Diseño estructural – Cargas permanentes y cargas de uso”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.

Nch 431. Of 2010 (Nch 431)

“Construcción – Sobrecarga de nieve”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.

Nch 432. Of 2010 (Nch 432)

“Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.

Nch 433. Of 1996 Modificada en 2009 (Nch 433)

“Diseño sísmico de edificios”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.

NCh 3357. Of 2015

“Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales”

DS N°61, (V. y U.), de 2011 (DS N°61)

“Reglamento que fija el diseño sísmico de edificios y deroga decreto N°117, de 2010”

NCh 3171.Of2010 (NCh3171)

“Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de cargas”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.

### 2.2. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

NCh 170.Of 2016 (NCh170)

“Hormigón – Requisitos generales”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.

NCh 204.Of2006 (NCh204)

“Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.

DS N° 60, (V. y U.), de 2011 (DS N° 60)

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <i>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</i>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

“Reglamento que fija el diseño y cálculo para el hormigón armado y deroga decreto Nº 118, de 2010”.

ACI 318S-08 (ACI318)

“Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural”, American Concrete Institute.

### 2.3. ESTRUCTURAS DE ACERO

NCh 203.Of2006 (NCh203)

“Acero para uso estructural - Requisitos”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.

- ANSI/AISC 360-05 (AISC)

“Specification for Structural Steel Buildings”, American Institute of Steel Construction.

- AISI S100-2007 (AISI)

“North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members”, American Iron and Steel Institute.

AWS D1.1:2004 (AWS)

“Structural Welding Code-Steel”, American Welding Society.

### 2.4. OTROS

Ley y O.G.U.C.

“Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones”, Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <i>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</i>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

### 3. MATERIALES

#### 3.1. PROPIEDADES (materiales existentes según información entregada)

Hormigón estructura:	H25 (90% N.C.) Según NCh170
Hormigón fundaciones:	H25 (90% N.C.) Según NCh170
Acero para hormigón armado:	A630-420H Según NCh204
Acero estructural:	A270ES Según NCh203
Acero para insertos:	A270ES Según NCh204
Soldadura:	E70-XX Según AWS
Pernos en general:	ASTM A325
Pernos de anclaje:	A36

#### 3.2. RESISTENCIA

Hormigón estructura:	$f_c' = 200 \text{ kg/cm}^2$
Hormigón fundaciones:	$f_c' = 200 \text{ kg/cm}^2$
Acero para hormigón armado:	$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Acero estructura:	$F_y = 2700 \text{ kg/cm}^2$

#### 3.3. MÓDULOS DE ELASTICIDAD

Hormigón estructura:	E. estático = $213546 \text{ kg/cm}^2$ E. sísmico = $300416 \text{ kg/cm}^2$
Acero:	$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <b>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</b>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

#### 4. ANÁLISIS

##### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

###### 4.1.1. Cargas de diseño

Se considerarán los siguientes datos básicos

###### a) Pesos Propios (Estructura principal )

Hormigón Armado  $\gamma = 2.4 \text{ ton/m}^3$

Acero estructural  $\gamma = 7.85 \text{ ton/m}^3$

###### b) Pesos específicos

Planchas de Zinc  $Q = 4.69 \text{ Kg/m}^2$

Paneles Solares 250 WP  $Q = 23 \text{ Kg/unid}$

Área = 995mmx2000 mm

Cantidad = 125 Unidades

Estructura aluminio de soporte  $Q = 4.5 \text{ Kg/m}^2$

Pisos técnicos G253/400/100  $Q = 17.8 \text{ Kg/m}^2$

Área = 450x3000mm

###### c) Sobrecargas

Para la planta fotovoltaica y ejecución de piso técnico para acceso a paneles, se considerará la sobrecarga de techumbre mínima igual a  $100 \text{ kg/m}^2$  para uso en mantenciones según NCH 1537 tabla 6.1.1b y además para los pasillos técnicos, se consideran pasarelas de 0,45 m de ancho ubicadas aproximadamente a la mitad de la luz libre de la cubierta de los techos analizados para generar una mejor distribución de las cargas generadas por el tránsito en el pasillo hacia la estructura. Para ello, Nch 1537 exige que tengan una carga de uso de  $200 \text{ kgf/m}^2$ . Esta carga, dado que es un pasillo nivelado, no se puede reducir por pendiente.

*Nota importante: se asegura que la carga de los paneles sobre la cubierta no actúa en conjunto con las cargas de techumbre. Según asociación de ingeniero estructurales de California, Estados Unidos.*



ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <b>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</b>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

#### 4.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS SÍSMICO

Esta norma sólo aplica para el diseño del anclaje de la estructura de los paneles a la estructura de techumbre.

#### 4.3. Cargas de viento (W)

Las cargas de viento se calculan de acuerdo con lo indicado en la norma NCh432, considerando que la estructura se sitúa en ciudad. Para prediseño y estimación de las solicitaciones básicas, se considerará una verificación de acuerdo a la NCH 432-2010. La carga básica de viento para este tipo de construcciones situadas en ciudad y altura menor a 30 metros, se tomarán 95 kg/m².

#### 4.4. COMBINACIONES DE CARGA

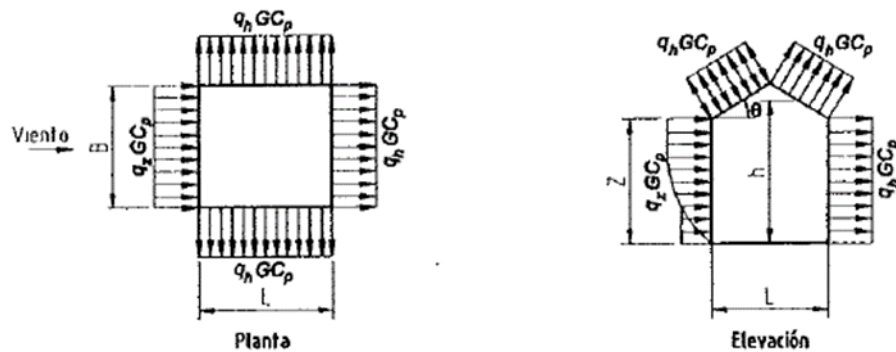
Para verificar elementos de madera, en Chile, se utiliza método ASD . Por lo tanto son las siguientes:

D  
D+L  
D+W  
 $D+0.75(L + W + L_r)$   
0.6 D + W

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <b>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</b>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1 Cálculos según el viento



**TECHO TRIANGULAR, PIRAMIDAL**

- ✓ Velocidad básica del viento = 45 m/s
- ✓ Presión mínima por norma =  $480 \text{ N/m}^2 = 48.95 \text{ kg/m}^2$   
(Para elementos secundarios, no aplica por ser menor a presión básica del viento)
- ✓  $GC_p$  = según figura 8 descrito en punto 7.11.2 de Nch 432 of 2010, el coeficiente de presión externa para edificios con altura  $h < 18.3 \text{ mt.}$  Método 2 analítico.  
Con  $\theta = 20^\circ$  y Zona 3  $\longrightarrow GC_p = 0.48$
- ✓ Pendiente de cubierta = 15 %

$$Q_{\text{final}} = 48.95 \text{ Kg/m}^2 \times 0.48 = 23.5 \text{ kg/m}^2$$

### **POR LO TANTO NO CONTROLA VIENTO POR SISTEMA DE CARGAS**

Sin embargo, se verificarán uniones contemplando las solicitaciones del viento pero en Succión, para ello se determina el siguiente diseño estructural, el cual será proporcionado en terreno aplicándolo directamente al conjunto de paneles en la estructura de cubierta

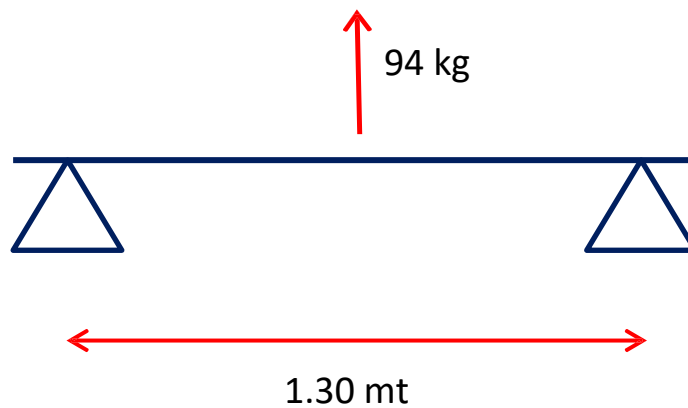
ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <i>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</i>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

Carga de succión =  $48.95 \text{ Kg/m}^2 \times 0.48 = 23.5 \text{ kg/m}^2$

Área panel =  $(2.00 \text{ mt} \times 0.99 \text{ mt}) \times 2 = 3.96 \text{ m}^2 \approx 4.00 \text{ m}^2$

Q succión =  $23.5 \text{ kg/m}^2 \times 4.0 \text{ m}^2 = 94 \text{ kg}$

### Modelo estructural más desfavorable



$$(Q \cdot L) = (94 \text{ KG} \cdot 1.30 \text{ mt}) / 4 = 30.55 \text{ kg- mt}$$

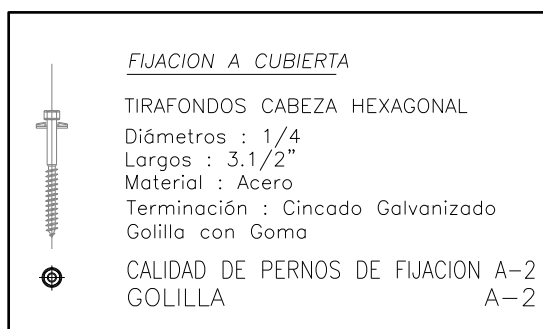
Sección transversal típica = rectangular = 20 cm x 5cm

$$W = (5 \times 20^2) / 3 = 667 \text{ cm}^3$$

Tensión de trabajo =  $30.55 \text{ kg-mt} \cdot 100 / 667 \text{ cm}^3 = 4.6 \text{ kg/cm}$

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <b>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</b>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

De acuerdo a cálculos simples y por sobre todo, la revisión con respecto a las solicitaciones por parte del viento que son aquellos esfuerzos que influyen directamente en las conexiones de los paneles; se deduce que los paneles con apoyos más desfavorables cumplen perfectamente. Aún así, con las cargas-efectos de succión son con reacciones mínimas, por lo tanto; los pernos de conexión suministrados serán tirafondos de Diámetro 1/4 y Largo 3.1/2".



ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <b>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</b>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

## 5.2. Cálculos según nieve

Este cálculo se lleva a cabo con influencia directa de la ubicación geográfica y altura sobre el nivel del mar de la estructura. Por lo tanto, para Comuna de Nacimiento en Región del Bio-Bio la normativa vigente exige una carga mínima igual a 27.5 Kg/m<sup>2</sup> y considera un factor de importancia de 1.1 de acuerdo con la categoría de construcción III según norma Nch 3171 Of.2010

- Latitud: 37.5 ° 32'
- Longitud: 72.7° 26'
- Altitud: 135 mt

Por lo tanto=

$$Q = 27.5 \text{ Kg/m}^2 \text{ (carga mínima)}$$

$$P_f = 0.7 * C_g * C_t * I * Q = 0.7 * 0.9 * 1.0 * 1.1 * 27.5 = 19 \text{ Kg/m}^2$$

**POR LO TANTO NO CONTROLA NIEVE**

## 5.3. Revisión general estructura de cubierta

Según revisión estructural en terreno, se corrobora el buen funcionamiento del sistema tomando en cuenta evento de naturaleza ocurridos en nuestro país. Y además se ejecutan revisiones a informes existentes realizadas antes por otros profesionales. Para este caso puntual y en general para este tipo de sistema la combinación primaria será: P.P + S.C. Los paneles a instalar pesan aproximadamente 11.6 Kg/m<sup>2</sup>, se considera que no existen tránsito sobre estos paneles por la materialidad frágil de los propios equipos; por lo tanto, el tránsito será considerado sólo sobre las plataformas de mantención.

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <b>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</b>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

Lo anterior mencionado y tomando en consideración el cálculo primero de la estructura general, los equipos son solicitaciones menores por lo que el sistema seguirá funcionando perfectamente con las nuevas cargas de pasarelas de mantención y paneles.

Cálculos rápidos y simples para demostración

Peso Propio:

Cubierta de Zinc	4.70 kg/m <sup>2</sup>
Cerchas	± 15.00 kg/m <sup>2</sup>
Paneles Solares	11.6 kg/m <sup>2</sup>
Pasillos	18.00 kg/m <sup>2</sup>

Subtotal	<hr/> = 49.3 kg/m <sup>2</sup>
----------	--------------------------------

**POR LO TANTO, 49.30 kg/m<sup>2</sup> < CARGA DE DISEÑO PRIMERA**

Sobrecarga:

Original techo	100 kg/m <sup>2</sup>
----------------	-----------------------

\*Q reducción por pendiente =  $C1 \times C2 \times q = 0.15 \times 1 \times 100 \text{ kg/m}^2 = 15 \text{ kg/m}^2$

S.C pasillo	200 kg/m <sup>2</sup>	sólo mantención
-------------	-----------------------	-----------------

Sobrecarga final pasillo:

Ancho	=0.45 m
PP + SC pasillo	= (18 kg/m <sup>2</sup> +200 kg/m <sup>2</sup> )*0.45m= 98.1 kg/m
Distancia entre apoyos	= 0.75 m
SC sobre cercha	= 98.1 kg/m * 0.75 m = 73.6 kg

**POR LO TANTO, 73.6 kg < 100 Kg resistencia mínima para todo elemento,  
(contabilizando una persona sobre un punto específico)**

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <i>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</i>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

**Diseño de anclaje; comprobar uso de tirafondo Diámetro 1/4 y Largo 3.1/2".**

Según NCH 3357 – 2015, se estiman las fuerzas de diseño de anclajes así:

Diseño de cargas

Z= 1 , zona 3 tabla 3 Nch 3357

$\alpha_A$  (cm/sg<sup>2</sup>) = 1144 , tabla 2 Nch 3357 (PARA SUELO REAL TIPO C)

Ap = 2.5 tabla 4 Nch 3357

Rp= 2.5 tabla 4 Nch 3357

G=981 kg/sg<sup>2</sup>

Ip= 1.5 equipo sujeto a estructura

Z = 3.7 m

H = 5.0 m

Fp= 2.18\*Wp

Fp min= 0.52\*Wp

Fp max=2.80\*Wp

Fpv = 0.28 Wp

Wp= 21 Kg (peso equipo)

Fp = 45.76 Kg para 4 apoyos = 11.44 Kg

Fpv=5.88 Kg (1.65\*0.5) por apoyo= 10.60 kg vertical compresión

1.16 kg vertical compresión mínima

ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO <b>UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</b>
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

## 6. ANEXOS


### 6.1. PATENTE PROFESIONAL

 <b>PATENTE MUNICIPAL</b> <b>ORDEN DE INGRESO MUNICIPAL</b>		Nº DE FOLIO 11361710 Trans Internet:	
<b>NOMBRE</b>	ANDREA DEL CARMEN PONCE GARCIA	<b>RUT</b>	: 10.407.841-9
<b>DOMICILIO</b>	PACHICA 8751	<b>ROL</b>	: 312.720-6
<b>TRIBUTO</b>	PATENTES PROFESIONALES	<b>PERIODO:</b>	1ER.SEM.2018
		<b>CUOTA</b>	: SEGUNDA
CAPITAL: 1      Codigo Sil : 742.1400CUP.BIEN.NAC.:0,00 INGENIERO CIVIL			
<b>DERECHOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>FECHA DE EMISION</b>	<b>VENCIMIENTO DE PAGO</b>
Fd.Municipal	8.212	01/01/2018	31/01/2018
Fdo.Comun	15.252		
<b>SUBTOTAL</b> 23.464 <b>I.P.C.</b> _____ <b>INTERESES</b> _____ <b>TOTAL A PAGAR</b> 23.464		<b>TIMBRE INTERNET</b> 	<b>FIRMA DIGITAL VALIDA</b>  <b>FIRMA VÁLIDA</b>
Cod.Verificacion: 067200312S000LC90200220181			
DOCUMENTO CON FIRMA ELECTRONICA AVANZADA		<a href="http://www.lascondesonline.cl/ValidaFirma/">www.lascondesonline.cl/ValidaFirma/</a>	
PAGO LEGALIZADO ELECTRONICAMENTE			




ANDREA PONCE GARCIA INGENIERO CIVIL	PROYECTO UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA
<a href="mailto:ponce.andrea@gmail.com">ponce.andrea@gmail.com</a> +5699154615	FECHA Marzo 2018

## 6.2. TITULO



**TITULO**



Por cuanto Doña Andrea Ponce García

ha rendido las pruebas prescritas


y ha sido en ellas Aprobada por Unanimidad

la Universidad Gabriela Mistral


le otorga el Título de Ingeniera Civil en Obras Civiles

y Gestión de la Construcción

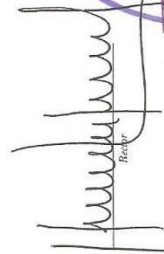
En Santiago de Chile a Doca de Diciembre de 2015



Director



Secretaría Académica



Notario