

**DISEÑO DE PLATAFORMA DE CULTIVO PARA MACETAS HECHA EN BASE A ÁCIDO  
POLILÁCTICO**

*M. Urra Tapia<sup>1</sup> M. Villagrán Valenzuela<sup>2</sup> C. Correa Rogel<sup>3</sup>*

**RESUMEN:**

Debido al constante cambio climático que sufre el planeta, para realizar los cultivos los recursos se vuelven cada vez más escasos (agua dulce y tierras fértiles). Por tanto, en este estudio se busca mediante el uso de Polímeros (Ácidopoliláctico PLA) aportar en la búsqueda de soluciones a esta problemática, creando una plataforma modular de cultivos en macetas que se pueda instalar en distintos lugares y de la oportunidad de aplicar métodos innovadores de cultivos. Por medio de la herramienta estructural Sap2000 mediante el método de elementos finitos, se construyó un modelo numérico de la plataforma para ver el comportamiento de esta (bajo distintas condiciones) asumiendo un método de cultivo en macetas. El modelo fue sometido a distintas condiciones y tipos de cargas, obtenidas mediante las normas de diseño, con el fin de poder diseñar, calibrar y validar los elementos de PLA que se utilizarán en la construcción de la plataforma. Ya obtenidos estos resultados mediante la herramienta SolidWorks se diseñan planos y distintas piezas que conforman la plataforma para su impresión 3D.

Se espera que esta plataforma permita desarrollar herramientas que utilizan Inteligencia Artificial (IA) puedan mejorar la eficiencia y factibilidad de cultivos en cualquier tipo de clima y terreno.

**ABSTRAC:**

Due to the constant climate change that the planet suffers, to carry out the crops the resources become increasingly scarce (fresh water and fertile land). Therefore, this study seeks through the use of polymers (Ácidopoliláctico PLA) contribute in the search for solutions to this problematical, creating a modular platform of potted crops that can be installed in different places and opportunity to apply innovative methods of cultivation. By means of the structural tool Sap2000 using the finite element method, a numerical model of the platform was built to see the behavior of this (under different conditions) assuming a method of cultivation in pots. The model was subjected to different conditions and types of loads, obtained through the design standards, in order to be able to design, calibrate and validate the PLA elements that will be used in the construction of the platform. Once these results have been obtained through the SolidWorks tool, drawings and different pieces that make up the platform for 3D printing are designed.

It is expected that this platform will allow the development of tools that use Artificial Intelligence (AI) to improve the efficiency and feasibility of crops in any type of climate and terrain.

---

<sup>1</sup> Estudiante, Carrera Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, [murra@ing.ucsc.cl](mailto:murra@ing.ucsc.cl).

<sup>2</sup> Profesor guía, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, [mwillagran@ucsc.cl](mailto:mwillagran@ucsc.cl).

<sup>3</sup> Profesor informante, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, [claudiocorrea@ucsc.cl](mailto:claudiocorrea@ucsc.cl).

## 1. Introducción

Actualmente la baja en la producción de alimentos y el aumento de la población, nos llevan a especular respecto a futuras formas de producir alimentos. Estudios de la Organización de las Naciones Unidas (SOLAW., 2021) para alimentación y agricultura (FAO) anuncia que la población mundial puede llegar alrededor de 9.100 millones para el año 2050, creciendo así en 2000 millones con respecto a la población actual. Dando a entender la clara necesidad del aumento en el suministro alimenticio.

Problemáticas como la alta producción de CO<sub>2</sub>, escasez de agua, plagas que no son detectadas a tiempo, aumentos de costos en los insumos agrícolas, disminución de suelos fértiles, el cambio climático, etc. nos lleva a preocuparnos más de la infraestructura requerida para el desarrollo agrícola y buscar alternativas de mejoras para estas problemáticas y así optimizar la mayor cantidad de recursos. La agrotecnología y la agricultura de precisión han ganado gran importancia en el mundo actual (Liakos et al., 2018). Con esto se busca reemplazar las tareas repetitivas y laboriosas de la agricultura, implementando nuevas tecnologías en las que destacan el uso de hardware/software, robot y sistemas móviles autónomos que tienen la capacidad de adaptarse y aprender diferentes procesos (Hagras et al., 2002). De esta manera se espera implementar dentro de los procesos agrícolas la tan conocida Inteligencia Artificial (IA), con el fin de poder detectar plagas o malezas, predecir la productividad de cultivos, proyectar el rendimiento de las plantaciones, mejorar la calidad de los cultivos y muchas otras técnicas de aprendizaje automático (Liakos et al., 2018).

Este proyecto busca abrir las puertas a la mejora en infraestructura para facilitar la adopción de estas tecnologías en la agricultura, fomentando la autonomía en la agricultura a través de cultivos en macetas, realizados en una plataforma de cultivos que sea fácil de instalar, manipular y trasladar. Con ella se busca aprovechar climas más óptimos para cada variedad de cultivo, en suelos donde se ha perdido gran parte de la fertilidad y escasean, los recursos hídricos o han aumentado las pérdidas por el poco monitoreo en los procesos de producción.

Unos de los grandes desafíos que presenta este proyecto es ver la factibilidad de ser llevado a cabo, ya que el material del que se compone no tiene precedentes de ser usados en estructuras de esta magnitud. El Ácido Poliláctico (PLA) se caracteriza por su uso en elementos a menor escala que no presentan esfuerzo del tipo estructural. Para ello será necesario realizar estudios estructurales en (Sap2000) y de diseño en (SolidWorks), para desarrollar una propuesta estructural de la plataforma que entregue viabilidad al proyecto y así continuar con futuras etapas para indagar en las áreas eléctrica, informática, agrícola, etc. que ayuden a hacer de este un sistema autónomo.

Para efectos de este estudio la estructura cuenta con 2 niveles (Figura 1b), formada por la repetición de módulos (Figura 1a). En las Figuras 1a) se aprecian los elementos que forman parte del modelo (vigas, columnas, pernos, tuercas, rodillos, transversal, piñón, rodamiento y unión), que, al ser unidos con sus respectivos pernos, dan origen a un módulo, el cual es repetido varias veces para formar el primer y segundo nivel de la plataforma a estudiar (Figura 1b).

## 2. Métodos

### Recopilación información:

#### Estructura Y geometría

Se realizaron planos de la estructura con el fin de representar esquemáticamente el modelo de interés. se utilizarán los softwares AutoCAD, SolidWorks (diseño de piezas, planos) en complemento con Sap2000 (modelo estructural), para desarrollar la propuesta estructural de la plataforma.

Para el diseño de piezas fue utilizado SolidWorks, el cual corresponde a un software de diseño de CAD 3D (diseño asistido por computadora), lanzado al mercado por SOLIDWORKS Corp. fundada en 1993 por Jon Hirschtickcon. Permite modelar piezas y ensambles en 3D y planos en 2D.

El software SolidWorks permite realizar el diseño detallado de cada unas de las piezas que forman parte de la plataforma, en el verificamos la mayor cantidad de detalles de uniones, acoples y ensambles, antes de realizar la impresión de las piezas. Se comprueba a través del ensamble (Figura 1a y Figura 1b), que los componentes de la plataforma sean coincidentes y no existan errores antes de realizar la impresión 3D del modelo. En la Figura 1a) apreciamos todas piezas que forman parte de la estructura: columna, unión de esquina, rodillo, piñón, pernos (para columna, piñón, transversal y unión), transversal, rodamiento, tuerca y viga para rodillos y viga normal. Dichos componentes al ser unidos forman un módulo, que es el que se repite para formar la plataforma (Figura 1b).

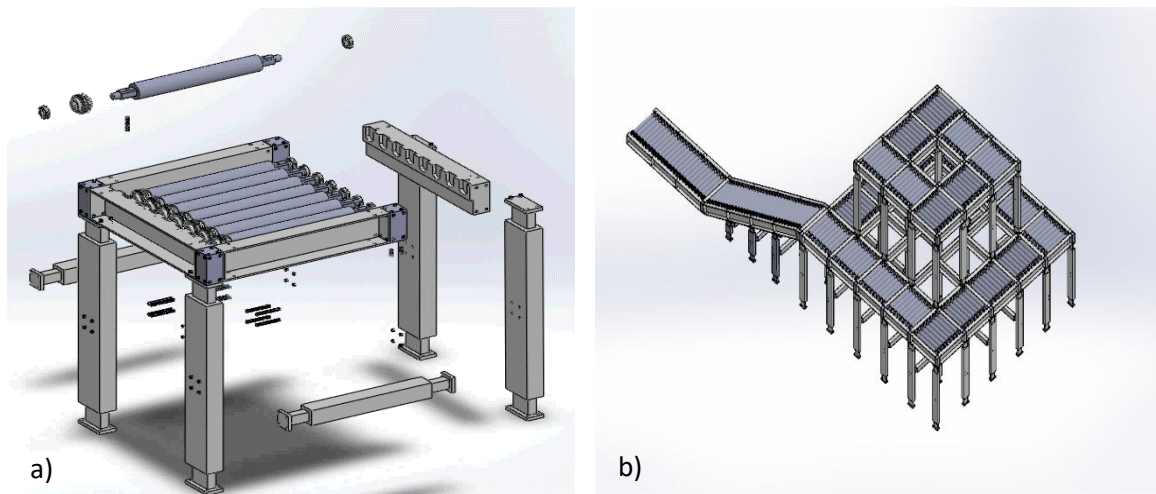


FIGURA 1: a) Módulo individual con piezas que dan forma a la estructura. b) Vista isométrica de la Plataforma de Cultivo (hecha en base a repetición de módulos).

La geometría de la estructura se da en base a perfiles transversales los que se repiten, en los ejes horizontales X e Y (Figura 2). Posteriormente son modelados en Sap2000 en base a la información previa del diseño de las piezas realizados en SolidWorks.

Los elementos más importantes de la de la plataforma de cultivos se observan en la Figura 2), en ella se encuentran las columnas con un largo igual a 70 cm. Por otro lado, las vigas presentes en Figura 2) tienen 50 cm de largo, quedando los marcos de la estructura a esta distancia.

Para este caso se realizó el estudio de la plataforma considerando apoyos empotrados en la base.

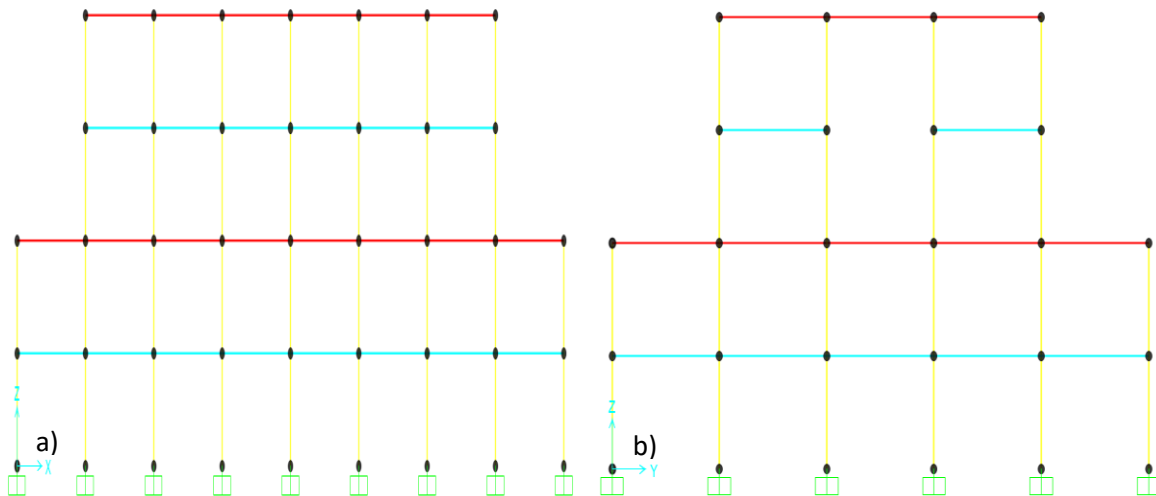


FIGURA 2: a) Sección transversal ZY. b) Sección transversal ZX.

### Herramientas de cálculo

En el caso de la modelación estructural fue utilizado el software Sap2000, el cual consiste en un programa de elementos finitos (MEF), con interfaz gráfico 3D, preparado para realizar, la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería estructural.

### 3. GENERALIDADES

La zona de modelación es elegida de tal forma, que exponga a la estructura a las condiciones más desfavorables (viento, sismo, suelo, peso propio, etc.), las cuales permiten hacer una estructuración apropiada para los distintos casos de combinaciones de carga, bajo los cuales estará sometida la estructura. Estas condiciones fueron definidas según las normas que rigen el diseño estructural en Chile.

### **3.1. Supuestos y Condiciones**

- No se considera presencia de cargas de nieve.
- Se asume que la estructura solo tiene acceso para mantención.
- Se busca modularidad de los componentes.
- Se un sistema diseñar un sistema de fácil armado.
- Considerar que los elementos estructurales serán impresos en impresora 3D lo que en ocasiones condicionara el diseño de los elementos.

### **3.2. Documentos de referencia**

Para este estudio se extrae información desde las normas chilenas NCh3171.Of 2010 (Diseño estructural- Disposiciones generales y combinaciones de cargas), NCh2369.Of 2003 (Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales) y NCh432.Of 2010 (Diseño estructural – Cargas de viento).

### **3.3. Descripción de la estructura**

La estructura consiste en la unión de marcos rígidos, con una altura de cada nivel de 70 cm y 50 cm de ancho, cuentan con vigas de sección canal, columnas y riostras de sección tubular. Dichos marcos se conectan mediante vigas arriostradas. En la base la estructura cuenta con apoyos empotrados. A modo de prueba solo se modelan 2 pisos (Figura 3).

En su totalidad las diferentes piezas que componen la estructura se unen entre si mediante conexiones apernadas, permitiendo un ensamble estructural expedito y muy sencillo.

Dentro los elementos que componen la plataforma se encuentran aquellos denominados de primer y segundo orden. Se consideran de primer orden aquellos que al fallar puedan causar el colapso de la estructura, como lo son vigas y columnas. En el otro caso tenemos los rodillos, piñón, pernos y riostras.

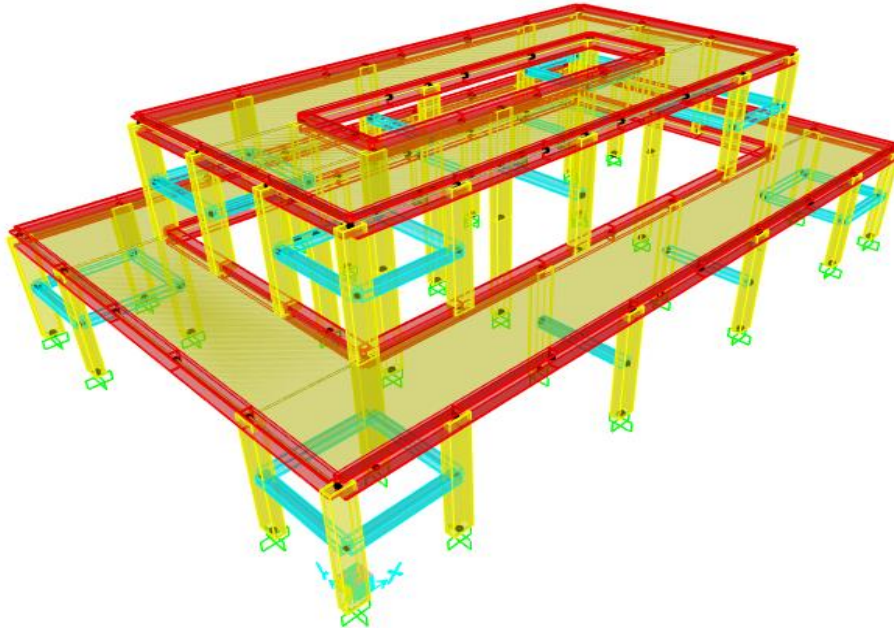


FIGURA 3: Modelo Sap2000 Plataforma de cultivo.

#### **4. PROPIEDADES DEL MATERIAL UTILIZADO**

##### **4.1. Ácido Polilactico (PLA)**

###### **4.1.1. Peso específico**

El peso específico es de suma importancia dentro del análisis, ya que determina las cargas gravitacionales a las que serán sometidos los elementos de la estructura, tales como columnas, vigas y riostras. Para el caso del ácido poliláctico (PLA) los valores de peso específico se encuentran en un rango de 1000 Kg/m<sup>3</sup> hasta los 1240 Kg/m<sup>3</sup>, aproximadamente.

###### **4.1.2. Módulo de elasticidad**

El módulo de la elasticidad del ácido poliláctico (PLA) es variable, ya que depende del tipo de proceso de fabricación del material y si éste es producto de materiales compuestos o simplemente se deriva de PLA puro. Siendo conservador para esta ocasión se utiliza un módulo de 28113 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **4.1.3. Material de diseño**

El material corresponde al PLA (ácido poliláctico), este es utilizado en todos los elementos de estructura: vigas, columnas, riostras, rodillos, etc. Y sus propiedades mecánicas generales que se utilizarán para efectos de este estudio, corresponden a las especificadas a continuación.

Existen otras propiedades del material que serán necesarias para el cálculo estructural, la tensión de ruptura 1050 kg/cm<sup>2</sup>, tensión de fluencia 631 kg/cm<sup>2</sup>, modulo de poisson 0.4 y alargamiento de rotura 2-5%.

### **5. ESTUDIO ESTRUCTURAL**

Para verificar el diseño de la estructura se contemplan la carga de peso propio, sobrecarga de uso de piso, carga sísmica y carga de viento actuando en direcciones horizontales.

#### **5.1. Cargas asignadas (D)**

Para el análisis estructural, las cargas asignadas corresponden al peso propio, sobrecarga de uso para mantención, carga de vientos y sismo en direcciones horizontales y sismo vertical.

#### **5.2. Peso Propio**

Para el peso propio se considera el peso de todos elementos que la componen.

#### **5.3. Sobrecarga de uso de techo (Lr)**

Sobrecarga de uso de techo (Lr) o plataforma de la estructura consta con acceso solo para mantención, y según lo estipulado en la tabla 4 de la NCh 1537 of 2009 la carga corresponde: 80 kg/m<sup>2</sup>

#### **5.4. Sobrecarga de rodillos Y Macetas (tipo parrilla)**

Según la distribución de los rodillos dentro de la estructura y las propiedades del material, para este caso la carga corresponde a 32 kg/m<sup>2</sup>. La carga de las macetas dependiente de la densidad de la tierra y dimensión de las macetas a ocupar, tendrá un valor máximo de 110 kg/m<sup>2</sup>.

### 5.5. Viento

Según lo estipulado en la norma la carga de viento y los distintos parámetros están sujetos a la ubicación de estructura, estos se detallan en la Tabla 1. Se considera categoría tipo 1 para estructuras provisionales y no destinadas a habitación.

Para este caso como la ubicación de la estructura no es predeterminada, ya que puede ser instalada donde requiera el consumidor, se utilizan los parámetros más desfavorables de la norma.

Tabla 1: parámetros de cálculo de carga de viento.

Velocidad del viento (m/s)	55
Coefficiente de importancia	0.87
Factor de direccionalidad	0.85
Tipo de exposición	C
Factor ráfaga	0.85

### 5.6. Carga de Sismo

**Sismo horizontal:** Para este caso en ambas direcciones horizontales se consideró un sismo lineal estático según la NCh 2369 of 2003, entregando el coeficiente sísmico máximo de la tabla 5.7 para valores de  $R=3$  y una razón de amortiguamiento ( $\xi$ ) 0.02, igual a 0.4. Se considera un factor de importancia igual a 1 para ver (datos obtenidos de la norma). La aplicación del sismo en las direcciones globales x e y se pueden apreciar en las Figuras 4 y 5 respectivamente.

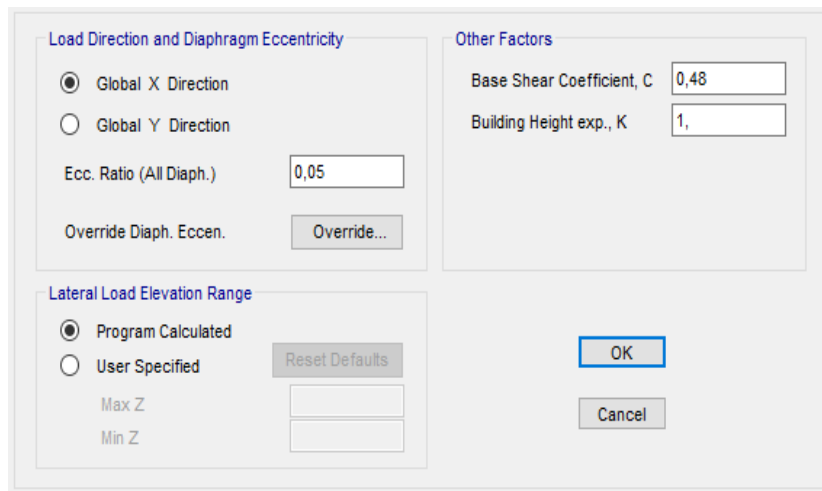
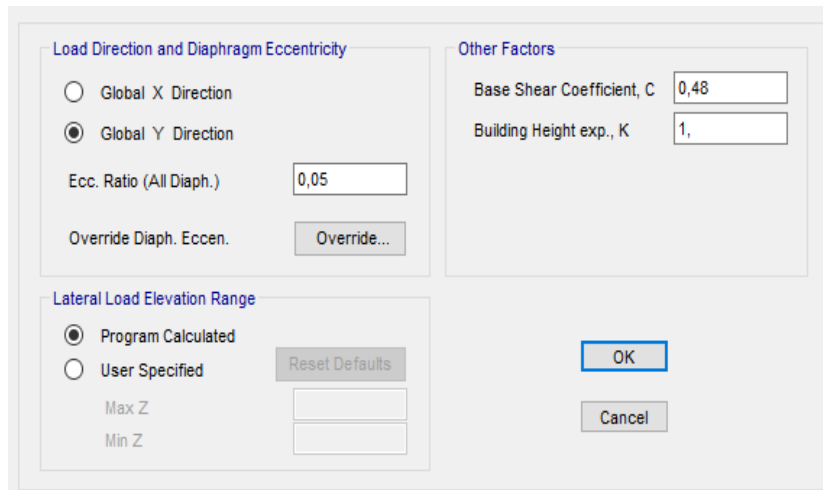


FIGURA 4: Aplicación de sismo en la dirección x.



**Load Direction and Diaphragm Eccentricity**

Global X Direction  
 Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

**Other Factors**

Base Shear Coefficient, C

Building Height exp., K

**Lateral Load Elevation Range**

Program Calculated  
 User Specified

Max Z

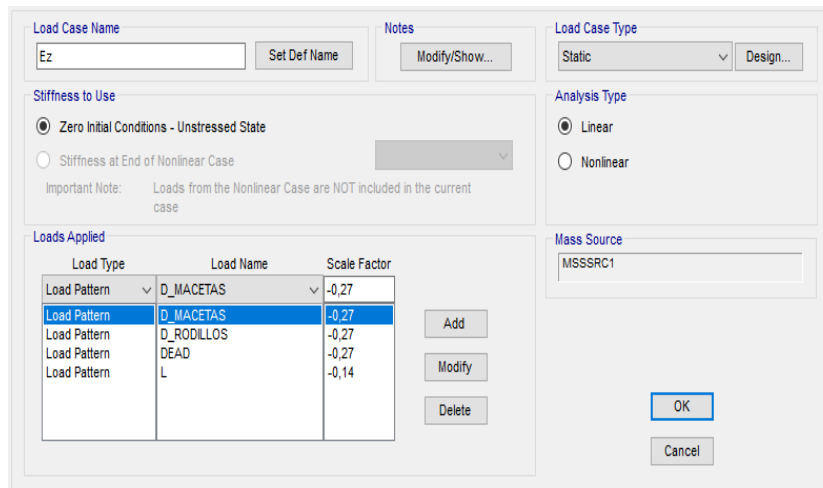
Min Z

Figura 5: Aplicación de sismo en la dirección y.

**Sismo vertical:** El coeficiente sísmico vertical ( $C_v$ ) según NCh2369 of 2003, está definido por la siguiente ecuación, según el caso contemplado en la sección 5.1.1 d) de la norma.

$$C_v = \frac{2}{3} * \frac{A_0}{g} = \frac{2}{3} * \frac{0.4 g}{g}$$

La aplicación del sismo en las direcciones global z se puede apreciar en las Figura 6.



**Load Case Name**

**Notes**

**Load Case Type** Static

**Stiffness to Use**

Zero Initial Conditions - Unstressed State  
 Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

**Analysis Type**

Linear  
 Nonlinear

**Mass Source**

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	D_MACETAS	-0,27
Load Pattern	D_MACETAS	-0,27
Load Pattern	D_RODILLOS	-0,27
Load Pattern	DEAD	-0,27
Load Pattern	L	-0,14

Figura 6: Aplicación de sismo en la dirección Z.

### 5.7. Carga de freno de los rodillos

Para este caso la carga que produce el freno de la plataforma no se será considerada para efectos de cálculos, ya que, la velocidad de movimiento de las macetas se espera que sea muy baja (entre 0.5 m/s).

### 5.8. Combinaciones de carga

Las combinaciones de cargas son obtenidas según la NCh 3171 of 2010 y en el caso de las cargas sísmicas de la NCh 2369 of 2003, en donde:

- D: Cargas permanentes
- L: Cargas de uso
- Lr: Cargas de uso de techumbre
- E: Carga de sismo
- W: Carga de viento

En cuanto a las cargas de viento se debe analizar en ambas direcciones y sentidos ( $X^+$ ,  $X^-$ ,  $Y^+$  e  $Y^-$ ).

Se considerará el método de las tensiones admisibles (ASD) para las combinaciones de cargas en la estructura. Las combinaciones de cargas proporcionadas por el método ASD se detallan a continuación:

### 5.9. Combinaciones de cargas nominales según el método de diseño por tensiones admisibles (ASD)

- 1) D
- 2) D + L
- 3) D + Lr
- 4) D + 0.75 L + 0.75 Lr
- 5) D + E
- 6) D + W
- 7) D + 0.75 W + 0.75 L + 0.75 Lr
- 8) D + 0.75 E + 0.75 L + 0.75 S
- 9) 0.6 D + W
- 10) 0.6 D + E
- 11)  $D + 0.5 L \pm E_{\text{horizontal}} \pm E_{\text{vertical}}$
- 12)  $D \pm E_{\text{horizontal}} \pm E_{\text{vertical}}$

## 6. Verificación de esfuerzos dentro de los elementos.

En este punto serán analizadas solamente los elementos denominados de primer orden, mencionados en la sección 3.3.

### Columnas

Ya mencionado anteriormente las columnas corresponde a secciones tubulares, son consideradas elementos de primer orden dentro de la estructura, por ende, es necesario hacer una prueba de resistencia. En la figura 3 se aprecia la geometría de la sección transversal, que nos permite calcular algunos datos de la tabla 3.

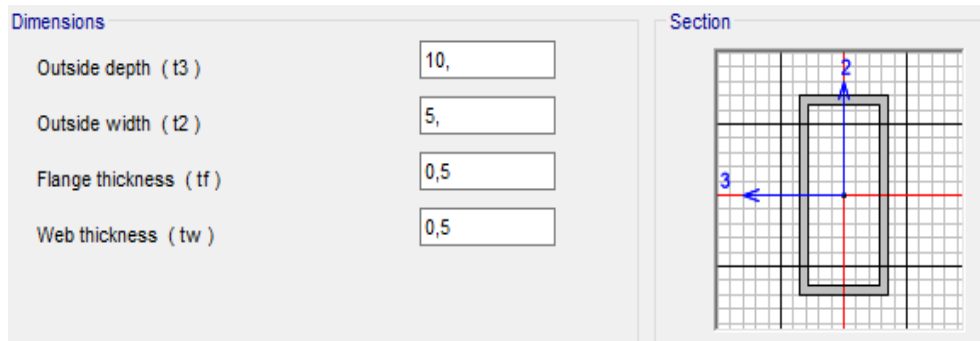


Figura 7: sección transversal de las columnas (Sap2000).

Se comprueba la resistencia de las columnas (sección tubular) por medio del método de diagrama interacción, el cual se observa en la figura 7. Por medio de la ecuación de Momento admisible (momento máximo que soporta la columna) y tensión admisible (tensión máxima que puede soportar la columna). Despejando la ecuación despejando la ecuación de tensión admisible, damos origen a la ecuación de fuerza axial y momento que dan los valores intermedios de la recta teórica (Figura 7). Estas ecuaciones son resueltas en una tabla Excel donde hace variar el valor de  $e$  (excentricidad) y el resto de los valores se toman de la tabla 3 (los valores geométricos de esta tabla son obtenidos por medio del software Sap2000),

Por otra parte, los valores que componen la recta modelo (Figura 8) corresponden a los obtenidos mediante el análisis estructural hecho en el software Sap2000. Aquí apreciamos los máximos esfuerzos a los que someten las columnas del modelo.

Tabla 2: Propiedades de las columnas.

Área cm <sup>2</sup>	Inercia cm <sup>4</sup>	C cm	$\sigma_{adm}$ kg/cm <sup>2</sup>
14	173,67	5	66

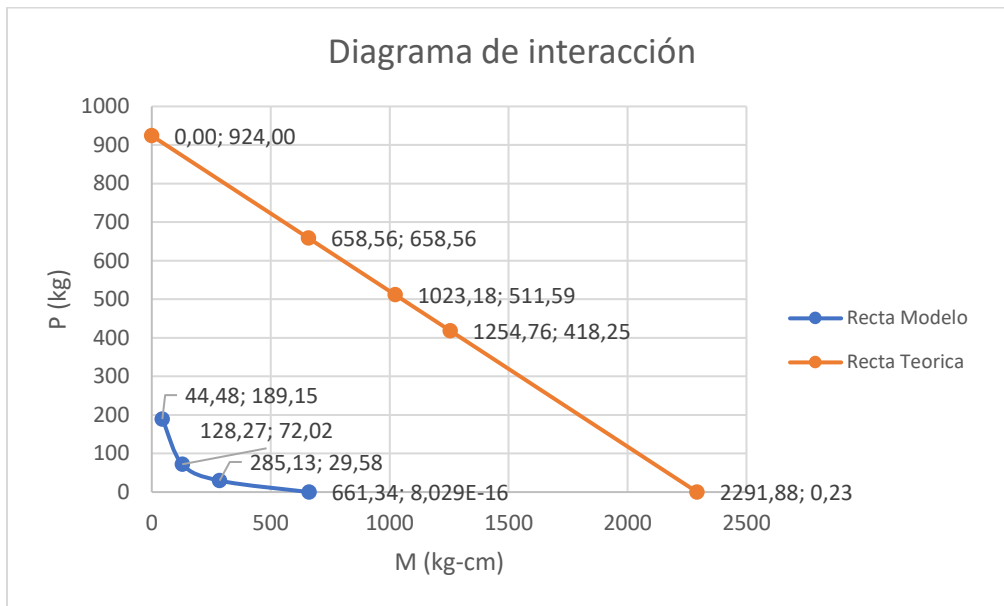


Figura 8: interacción de fuerza axial y momento flector columnas.

### Vigas

Al igual que en caso anterior, las vigas corresponden a elementos de primer orden, están hechas de secciones tipo canal. En la figura 9 se aprecia la geometría de la sección transversal.

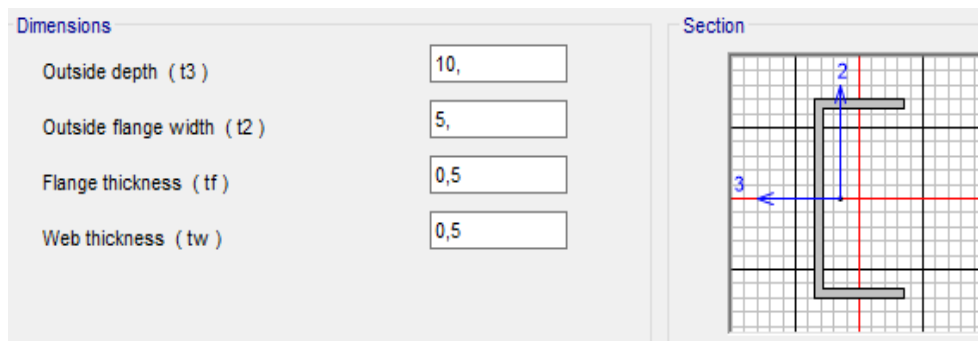


Figura 9: sección transversal de las vigas (Sap2000).

Para el caso de las vigas (sección canal) se extraen los esfuerzos máximos de corte y momento flector directamente de los resultados obtenidos del modelo ejecutado en Sap200 (tabla 3). Estos se comparan con el resultado de  $M_{adm}$ , si la viga resiste los esfuerzos y si es necesario hacer algún tipo de modificación sus propiedades geométricas.

$$M_{adm} = \frac{173,67 \text{ cm}^4 * 66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{5 \text{ cm}} = 2292 \text{ kg} - \text{cm}$$

Tabla 3: Esfuerzos máximos en las vigas

V kg	Mf kg-cm
80	1210
69	2159

## 7. Innovación para plataforma

### 7.1 Análisis para tipo de motor

Con los resultados obtenidos en los puntos anteriores podemos ver que la plataforma puede resistir los esfuerzos a los que es sometida, por lo tanto, es posible indagar más adentro del modelo y de esta manera encontrar el tipo de motor necesario para poner en marcha la plataforma. Para ello se deben conocer algunos datos importantes:

En la Figura 10 nos muestra como es considerada la distribución de las macetas dentro de la plataforma y para este caso la potencia del motor es considerada para una total de 4 módulos.

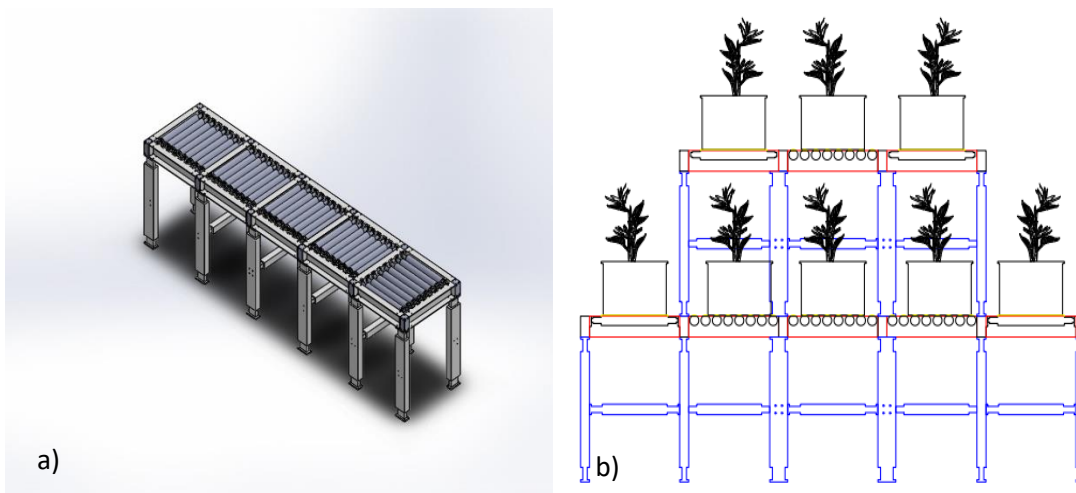


Figura 10: a) módulos considerados para estudio de motor vista 3D. b) distribución de macetas dentro de los módulos de la plataforma.

Inicialmente hay algunos valores que se deben saber para poder identificar el tipo de motor necesario dentro del proyecto. Estos corresponden coeficiente de rozamiento, radio de rodillo velocidad máxima a que se desea llegar, tiempo de aceleración y peso de macetas y rodillos que estén incluidos dentro del trayecto. La tabla 4 resume los resultados de la potencia mínima que necesita el motor para realizar el trabajo de movimiento de las macetas en 4 módulos.

Tabla 4: Potencia del motor para una plataforma de 4 módulos.

	Resultados	
Par resistente	38,3	(N-m)
Aceleración	1,7	(m/s <sup>2</sup> )
Fuerza inercial	1700,0	(N)
Par inercial	42,5	(N-m)
Par motor	80,8	(N-m)
Velocidad angular	20,0	(1/s)
Potencia producida	1615,0	(W)
Potencia del motor	2,2	(hp)

la Figura 8 muestra un modo en que se podría implementar el motor dentro de la plataforma, en una parte se aprecia el ensamble del rodillo y el piñón (Figura 11a) correspondiente a las piezas principales en esta etapa. Por otro lado, la Figura 11b) se aprecia el sistema que se quiere implementar.

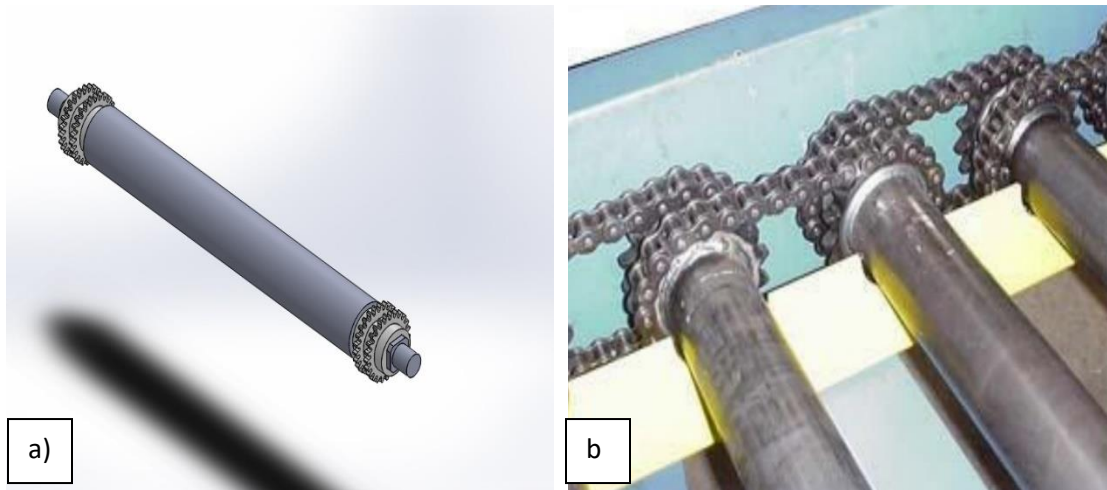


Figura 11: a) Ensamble rodillo piñón. b) Imagen de rodillos y piñón que se busca implementar.

## 7.2 Incorporación de inteligencia artificial (IA) en el sistema de cultivo

Ya sabiendo que es posible realizar las ideas anteriores se verifica la viabilidad del sistema de cultivo, planteando el uso de inteligencia artificial dentro de este, dándole autonomía para ser monitoreada a larga distancia, manejado con un sistema remoto el cual tome sus propias decisiones en base a la información que recibe del ambiente en el que se encuentra (Journal\_of Agriculture\_and\_Food\_Research et al ., 2020)

Si bien este sistema ya está siendo desarrollado en múltiples aplicaciones, en su mayoría se realizan a pequeñas escalas como se aprecia en la Figura 12. En ella se aprecia como este sistema toma algunas decisiones como lo son cantidad, horario y tipo de riego que necesitan los cultivos, dependiendo del cultivo con el que se trabaja.



Figura 12: Riego de sistema Farmbot (Juan Antonio Pascual Estapé et al., 2020)

Los cultivos se monitorean por medio de una pantalla, la cual puede ser de cualquier tipo (celular, computadora, Tablet etc.), solo debe tener acceso a internet y ser compatible con el sistema operativo del software que maneja la maquinaria. Entrega información en tiempo real dando libertad al usuario de dar cambios al diseño que el sistema propone (Figura 13).



Figura 13: Pantalla de monitoreo para sistema Farmbot.

El sistema implementado por el software para el desplazamiento es similar al que utilizan impresoras 3D y maquinas fresadoras CNC, a través de maquinarias seriales USB, el hardware emplea líneas de conexión para mover el motor en los ejes de coordenadas (Figura 14)

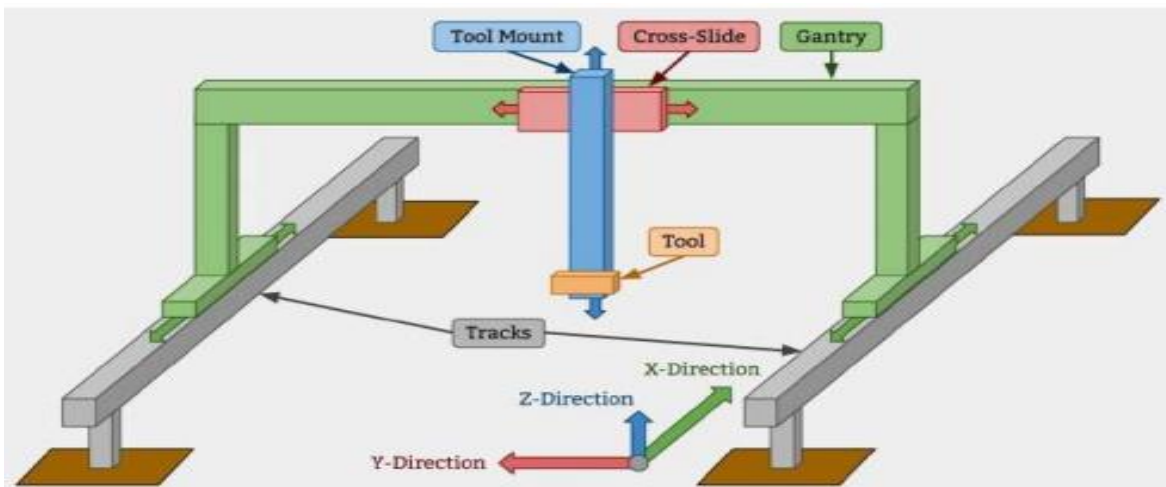


Figura 14: Sistema de Farmbot cartesiano de alto nivel.

Con el uso de cámaras de alta precisión dentro de la plataforma se tiene las ventajas de detectar todo tipo de amenazas, estados y crecimiento que existan dentro de los cultivos Figura 15. Dar un enfoque más específico y no necesariamente realizar un tratamiento global para todas las macetas, si no que aislar aquella que presente algún tipo de peligro para el resto. Examinar de forma individual y ver a través de toma de muestras cual puede ser el tratamiento más óptimo.



Figura 15: analisis del estado de plantas.

## 8. Conclusión

El modelo estructural se comporta muy bien ante las distintas combinaciones aplicadas. No se observan deformaciones, esfuerzos o interacciones que puedan producir alguna alteración significativa dentro de la estructura. Los mayores esfuerzos se vieron producto de combinaciones de cargas muerta y sismo, por lo cual un futuro análisis en laboratorio de un modelo a escala despejaría dudas sobre la influencia de estas sobrecargas dentro del comportamiento estructural.

Una ventaja que nos otorga el uso de este material para crear las piezas, es la factibilidad de poder ser modeladas y diseñadas previamente en software de alta tecnología (SolidWorks) que nos permite diseñar con gran detalle cada unas de las piezas a utilizar. Además, al realizar el ensamble se ve una plataforma de cultivo eficiente que con más estudios e indagaciones logrará revolucionar el sistema de cultivo.

En conjunto con otras áreas como lo son la ingeniería eléctrica, informática, electrónica y mecatrónica se podría lograr una solución multidisciplinaria a una problemática multifactorial, ya que, da la posibilidad de perfeccionar esta idea implementando métodos propios de cada especialidad. Como por ejemplo el área informática implementar algoritmos de fácil uso reprogramables para que los usuarios manejen la plataforma de forma remota y más fácil sin, necesidad de intervenir físicamente dentro de los cultivos. Por otro lado, ingenieros mecánicos, eléctricos y electrónicos podrían perfeccionar el sistema de transporte que tendrán las macetas dentro de la plataforma, ver los tipos de motores adecuados que aprovechen su entorno para producir energía. Implementar robótica que monitore con ayuda de hardware/software los procesos y estados de las macetas durante todo el proceso y tomen decisiones propias a tiempo en el caso de ningún operador detecte alguna alteración en las cosechas. Por último, ingenieros en mecatrónica que remodelen y creen sensores dispositivos nuevos, cada vez más sencillos, que se utilizaran para interactuar de alguna forma con los cultivos.

Según todo lo mencionado y en vista de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, el proyecto muestra viabilidad. De ser posible implementar las distintas alternativas propuestas para las diferentes áreas de la ingeniería, el sistema de cultivo en macetas ganaría ventaja antes los métodos tradicionales de cultivo existentes, dándole potencial y quizás en un futuro sea posible que llegue a revolucionar el mundo de la agricultura.

## 9. Referencias

**Computer and Structures, INC (2016).** " Csi Analysis Reference Manual"

**Sierra, Jairo. (2017).** Caracterización de las propiedades mecánicas a tensión del ácido poliláctico pla procesado por manufactura aditiva considerando la degradación por humedad y temperatura.

"FarmBot | Agricultura CNC de código abierto", Farm.bot, 2018. [En línea]. Disponible: <https://farm.bot/>. [Consulta: 20-mayo-201]

Sommerville, Ian. 2011. Ingeniería de software. 9ª Edición. Estados Unidos: Pearson Education, Inc.

Vijay Kakania, Van Huan Nguyenb, Basivi Praveen Kumar C, Hakil Kima, Visweswara Rao Pasupuletid. (2020). Una revisión crítica sobre la visión artificial y la inteligencia artificial en la industria alimentaria. Revista de investigación agrícola y alimentaria, 1(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100033>