

Memoria técnica del simulador

Gregorio Eliezer García Álvarez	eliezer.alvarez@cinvestav.mx
Antonio de Jesús Luna Macías	antonio.luna@cinvestav.mx
Alejandro Tevera Ruiz	alejandro.tevera@cinvestav.mx

A. Requerimientos necesarios

a. Versión de MATLAB

- i. R2021b

b. Versión de Simulink

- i. R2021b (10.4)

c. Requerimientos de la computadora [1]

- i. Windows o Mac

1. Sistema operativo Windows

- a. Windows 10 (versión 1909 o mayor)
- b. Windows 7 Service Pack 1
- c. Windows Server 2019
- d. Windows Server 2016

2. Sistema operativo Mac

- a. macOS Big Sur (11)
- b. macOS Catalina (10.15)

3. Procesador

- a. Mínimo: Cualquier procesador Intel o AMD x86-64
- b. Recomendado: Cualquier procesador Intel o AMD x86-64 con cuatro núcleos lógicos y soporte de instrucciones AVX2.

4. Memoria

- a. Mínimo: 3.4 GB de espacio en disco para MATLAB, 5-8 GB de espacio para instalación típica.
- b. Recomendado: Se recomienda un SSD

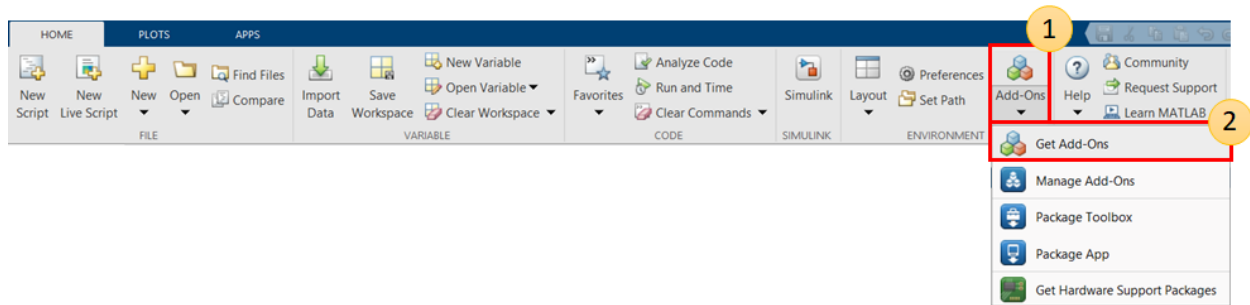
5. RAM

- a. Mínimo: 4 GB
- b. Recomendado: 8 GB

B. Proceso de instalación¹

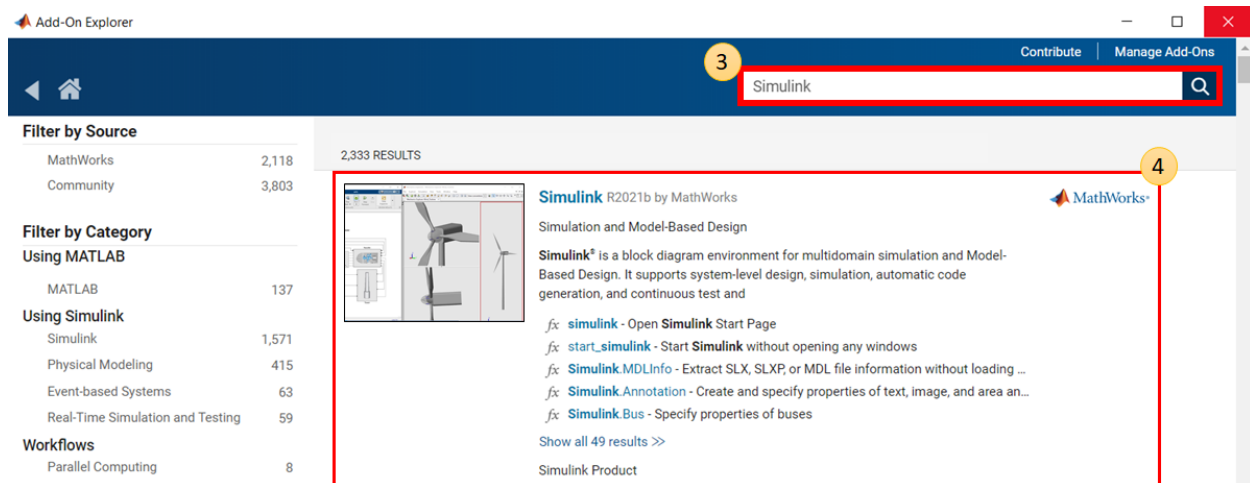
a. Instalación de dependencias

Para instalar las siguientes dependencias, es necesario abrir el software de *MATLAB* R2021b, y en el menú de opciones de la pestaña Home, seleccionar la flecha en la opción de *Add-Ons* (1), y presionar *Get Add-Ons* (2). Después de la instalación de cada dependencia se reiniciará el software de *MATLAB*, por lo que será necesario repetir este paso nuevamente.



i. Simulink

En el buscador de la ventana emergente, colocar la palabra “Simulink” (3), y seleccionar la primera opción (4).



En la nueva ventana, se mostrará el botón *Install* si es que la dependencia no fue instalada previamente. Presionar el botón de

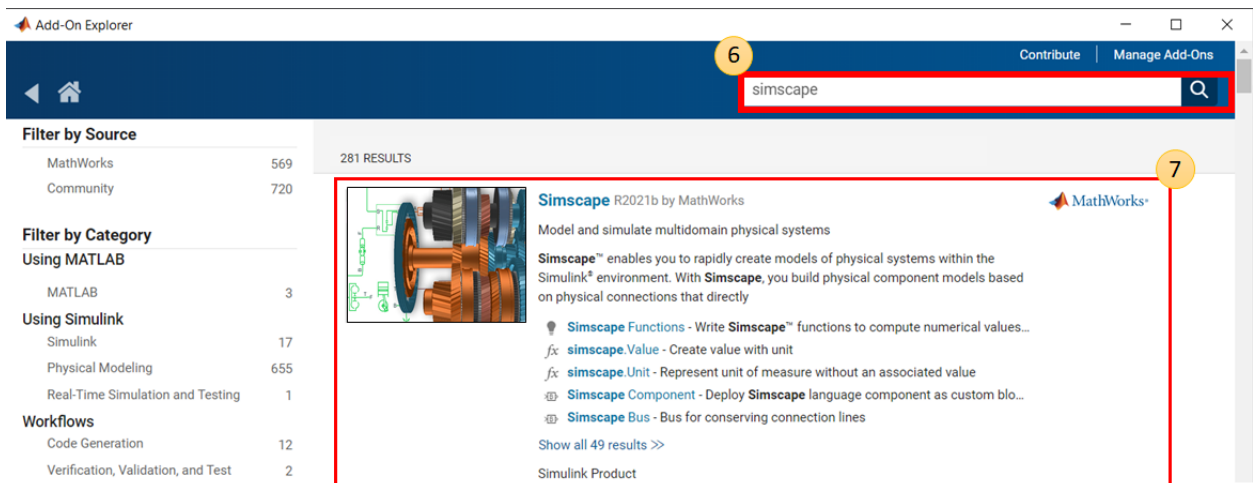
¹ Video tutorial de las instrucciones disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=L3RA0GLZECA>

Install (5) y seguir las instrucciones del sistema de instalación de MATLAB.

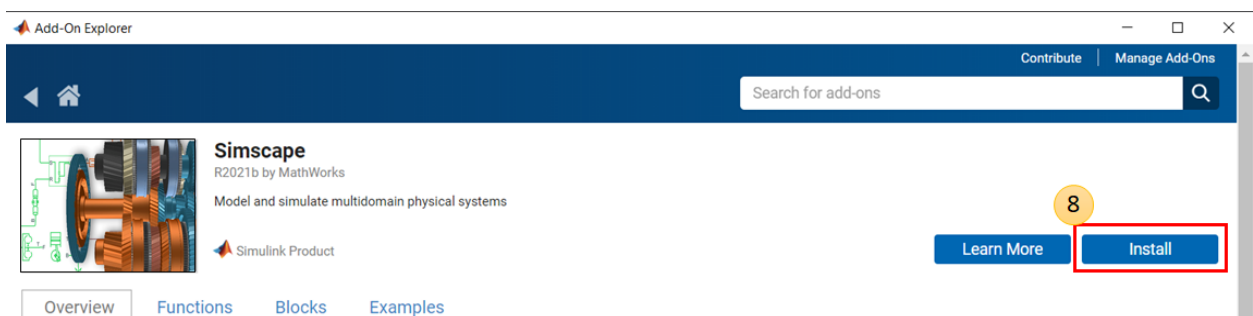


ii. Simscape

En el buscador de la ventana emergente, colocar la palabra “Simscape” (6), y seleccionar la primera opción (7).

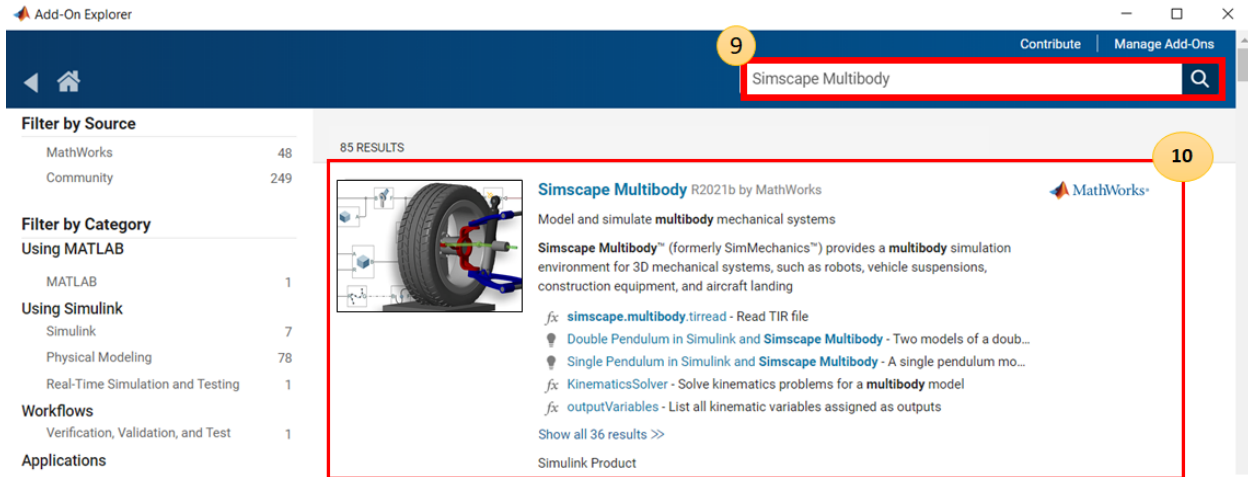


En la nueva ventana, se mostrará el botón *Install* si es que la dependencia no fue instalada previamente. Presionar el botón de *Install* (8) y seguir las instrucciones del sistema de instalación de MATLAB.

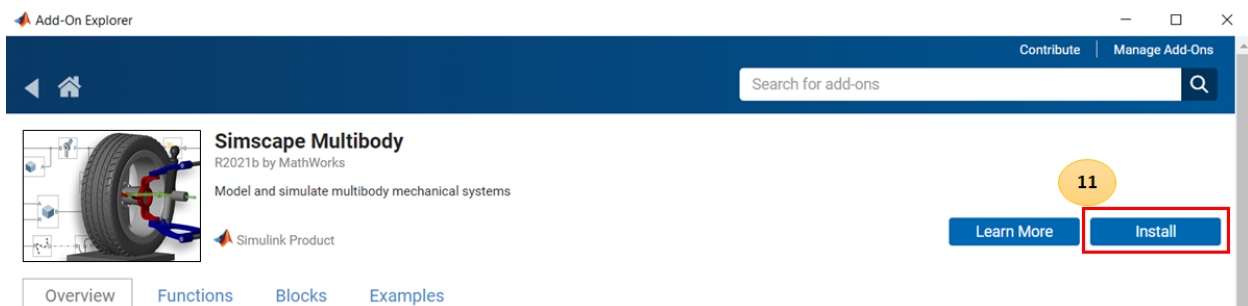


iii. Simscape Multibody

En el buscador de la ventana emergente, colocar la palabra “Simscape Multibody” (9), y seleccionar la primera opción (10).



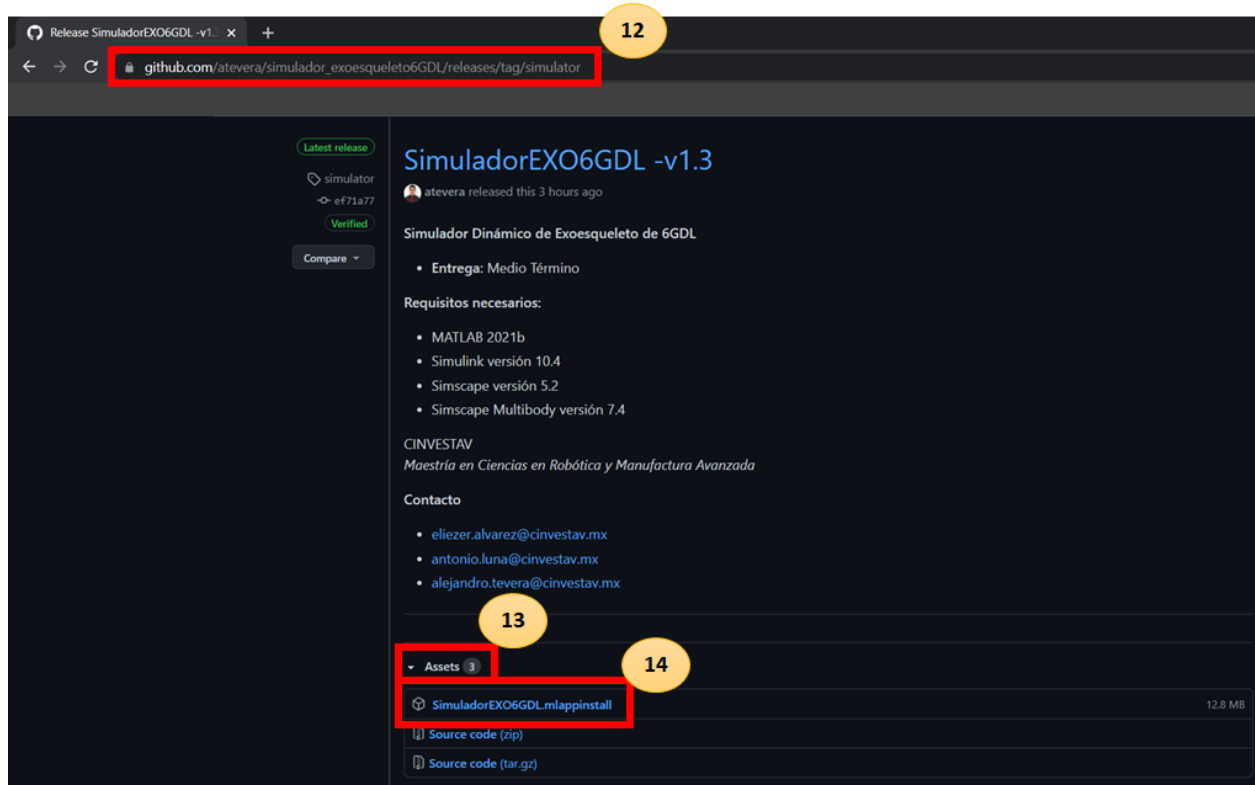
En la nueva ventana, se mostrará el botón *Install* si es que la dependencia no fue instalada previamente. Presionar el botón de *Install* (11) y seguir las instrucciones del sistema de instalación de MATLAB.



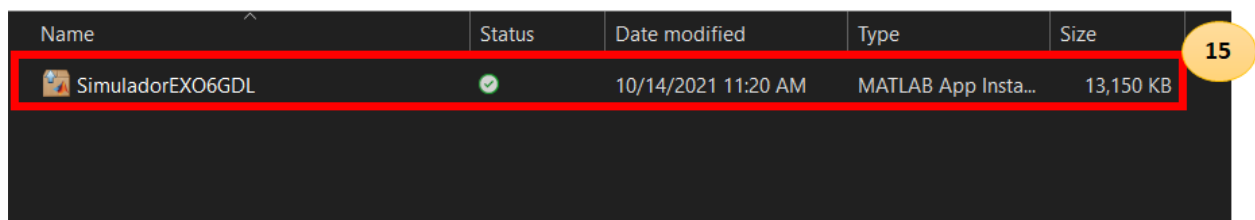
b. Descarga de instalador de aplicación

Entrar o copiar en el navegador el siguiente link de GitHub:
https://github.com/atevera/simulador_exoesqueleto6GDL/releases/tag/sim

[ulator](#) (12), extender la sección de *Assets* (13), y seleccionar el archivo *SimuladorEXO6GDL.mlappinstall*, con esto se iniciará su descarga (14).

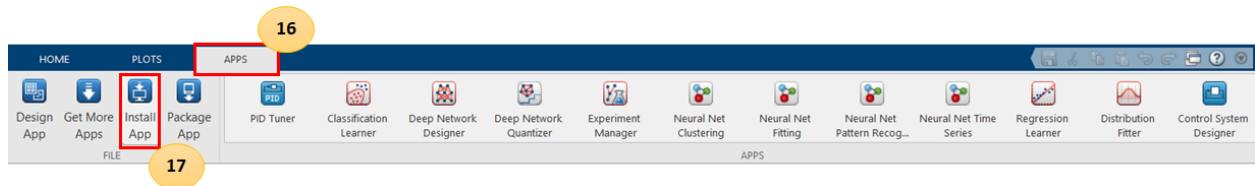


Mover el archivo titulado “SimuladorEXO6GDL.mlappinstall” a la carpeta de su preferencia en su computadora (15).

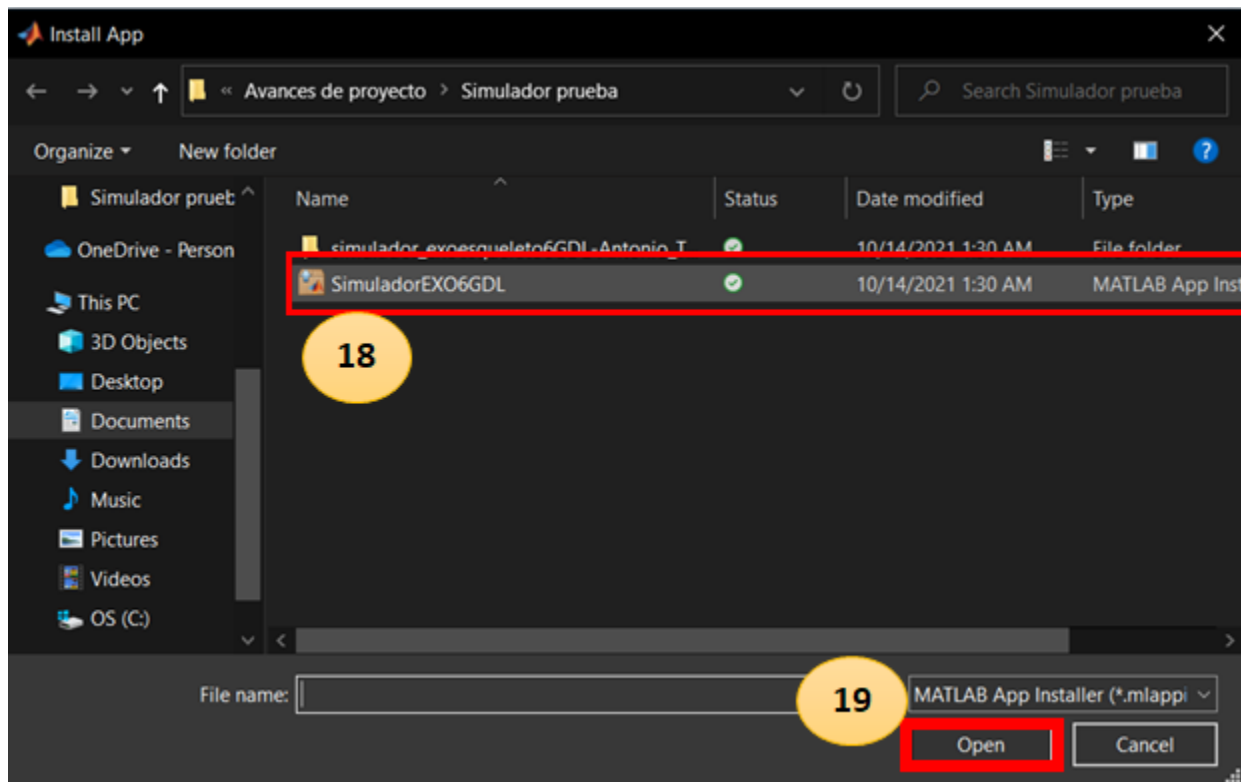


c. Instalación de aplicación en MATLAB

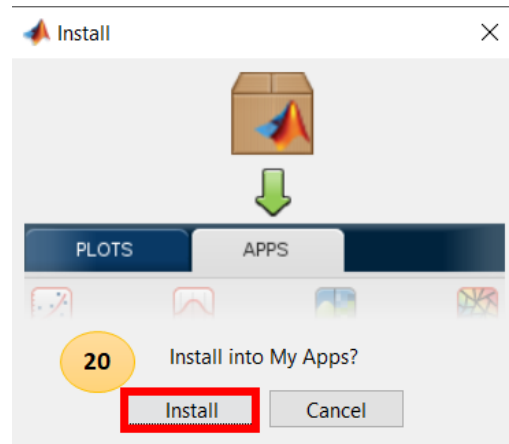
Nuevamente abrir MATLAB, en el menú de opciones, seleccionar la pestaña *APPS* (16) y seleccionar el botón de *Install App* (17).



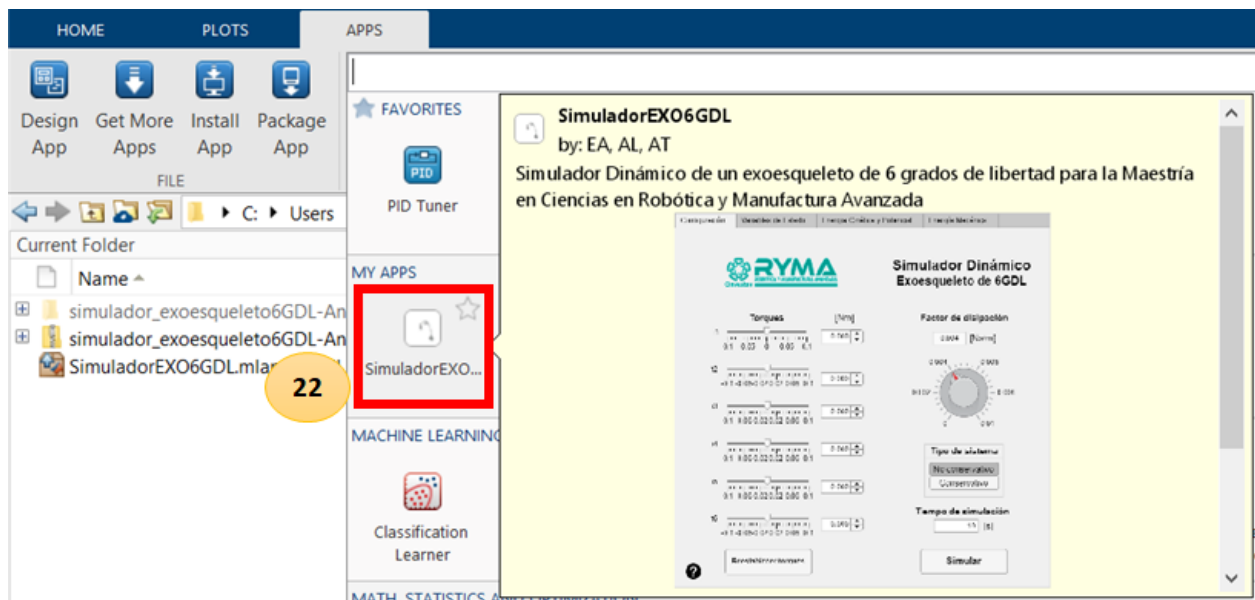
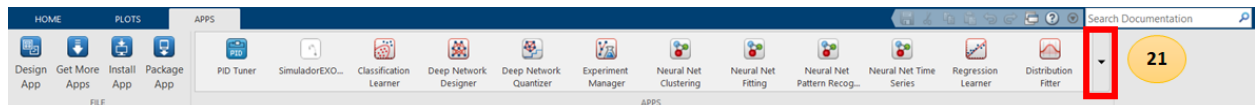
En la ventana emergente, seleccionar el archivo “SimuladorEXO6GDL.mlappinstall” de la carpeta en que se haya guardado en el paso 15 (18), y seleccionar el botón *Open* (19).



En la siguiente ventana emergente, seleccionar el botón *Install* (20).



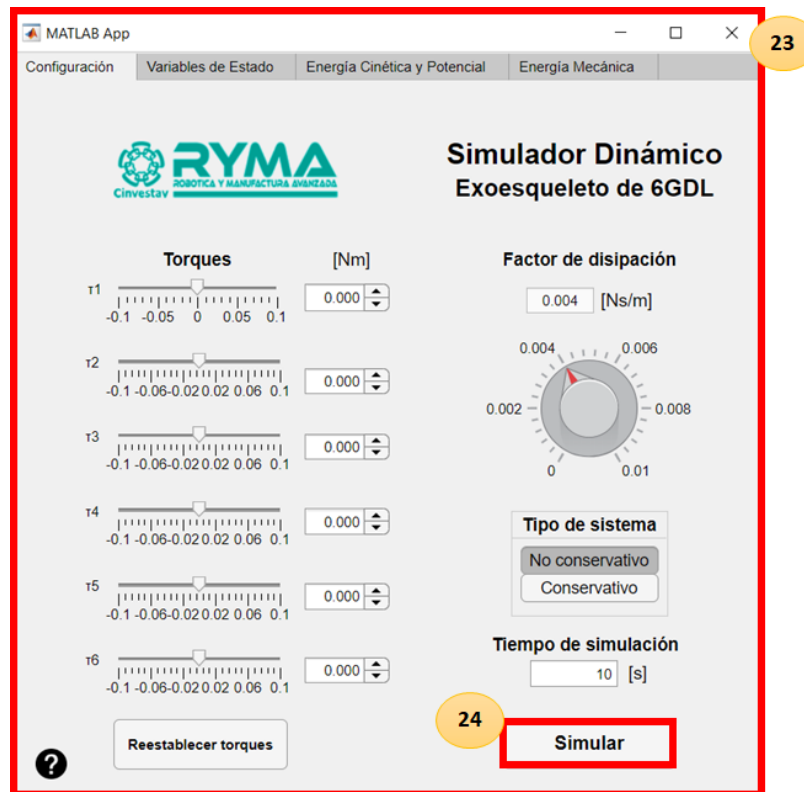
Nuevamente, en el menú de opciones de MATLAB, en la pestaña *APPS*, seleccionar la flecha para expandir el explorador de aplicaciones (21), y validar que ahí se encuentre la aplicación *SimuladorEXO6GDL* (22).



d. Primera ejecución del simulador

De la aplicación de *SimuladorEXO6GDL* mostrada en el paso 22, seleccionar la aplicación, esto abrirá una ventana emergente en la que se mostrará la interfaz gráfica de la aplicación (23).

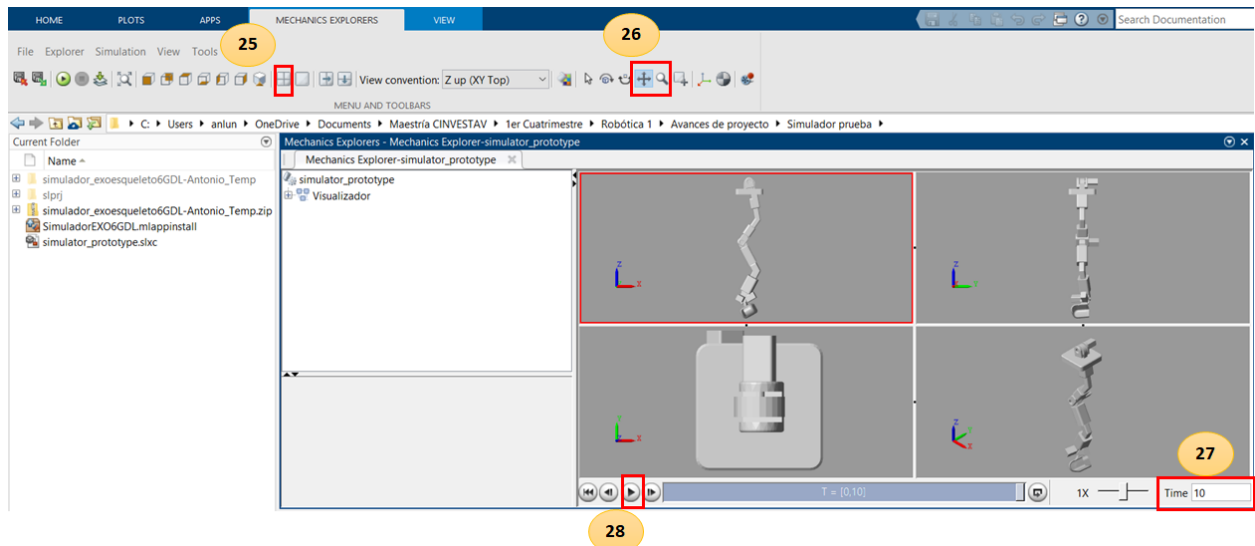
Para validar el correcto funcionamiento de la aplicación, así como para generar el archivo de caché de Simulink, el cual permitirá una ejecución más rápida para las simulaciones siguientes, se procede a dejar intactos los parámetros predefinidos, y presionar el botón de *Simular* (24).



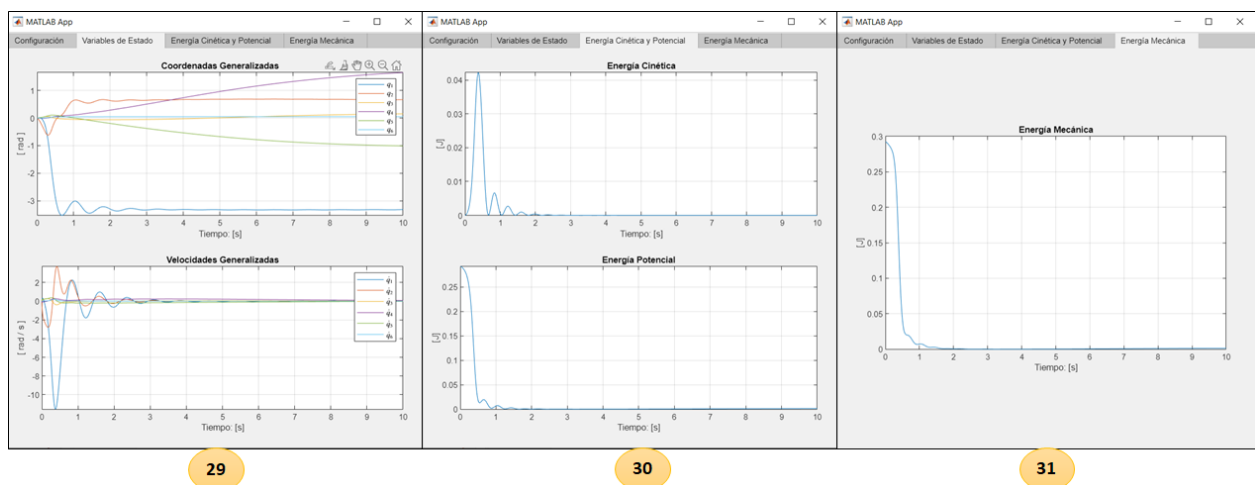
Se abrirá una pestaña en el espacio de trabajo de MATLAB, perteneciente a la paquetería de Simscape. En esta pestaña, se recomienda seleccionar de la barra de herramientas la visualización *Four standard views* (25), para tener una vista más completa del modelo mecánico del exoesqueleto. De igual manera se recomienda hacer uso de las herramientas de *Pan view* y *Zoom in/out* para ajustar el tamaño de las vistas del exoesqueleto a una escala agradable para el usuario (26).

Finalmente, una vez la barra de tiempo alcance 10, representando 10 segundos de simulación (27), se recomienda presionar el botón de *Play*,

para visualizar la simulación de movimiento del exoesqueleto en un tiempo de 10 segundos, con los parámetros predefinidos (28).



De igual manera, validar que en las pestañas de la aplicación *SimuladorEXO6GDL*: “Variables de estado” (29), “Energía Cinética y Potencial” (30) y “Energía Mecánica” (31), se muestran las siguientes gráficas, con lo cual se termina de confirmar la correcta instalación y funcionamiento de la aplicación.



C. Parámetros utilizados

a. Parámetros fijos del sistema

Parámetros	Valor
<i>Tipo de integrador</i>	ode15s ²
<i>Tamaño de paso del integrador</i>	Automático
<i>Condiciones iniciales del integrador</i>	$q_0 = \dot{q}_0 = [0, 0, 0, 0, 0, 0]'$

b. Parámetros modificables por el usuario³

Parámetro	Rango	Unidades
<i>Torques</i> (τ_i)	$[-0.1, 0.1]$	$[Nm]$
<i>Factor de Disipación</i> ⁴	$[0, 0.1]$	$\left[\frac{Ns}{m}\right]$
<i>Tiempo de Simulación</i>	$[0, 200]$	$[s]$
<i>Tipo de Sistema</i>	$\{Conservativo^5, No\ conservativo\}$	—

D. Ejemplo de funcionamiento

- a. Video explicando diferentes casos de funcionamiento del simulador se puede encontrar [aquí](#).

² Para más información sobre el integrador, consultar <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/ode15s.html>

³ Al colocar el cursor sobre cada elemento en la interfaz del simulador, se muestra una breve descripción del mismo.

⁴ El factor de disipación es el mismo para todas las articulaciones.

⁵ Los parámetros de *Factor de Disipación* y *Tiempo de Simulación* se definen con valores constantes de $0 [Ns/m]$ y $200 [s]$ respectivamente.

E. Lista para solución de problemas comunes⁶

a. Caso 1

i. Problema:

1. Tiempo excesivo para generar la simulación.

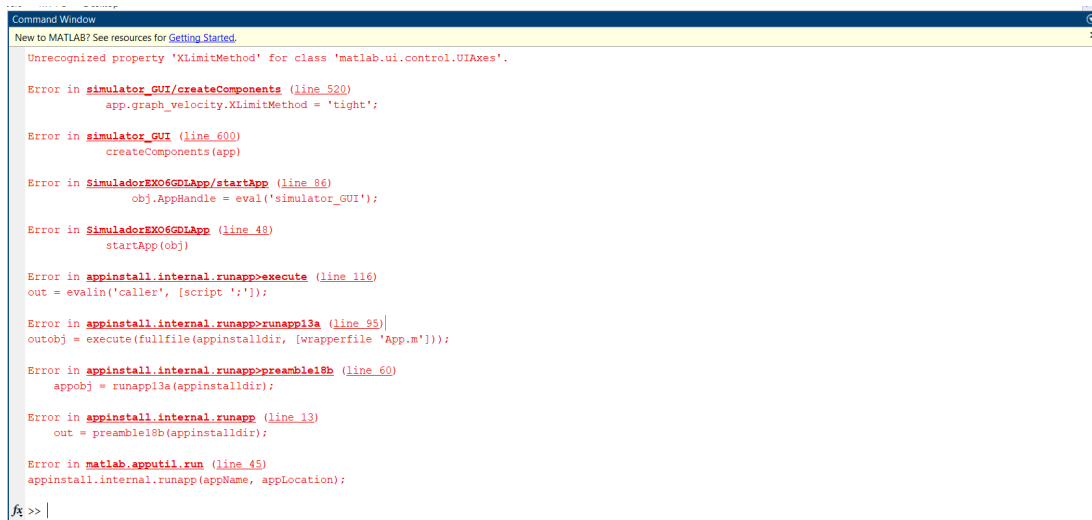
ii. Solución:

1. Cancelar la simulación con el comando CTRL+c en el *Command Window* de Matlab.

b. Caso 2

i. Problema:

1. Aparece el siguiente mensaje de error en el *Command Window* al intentar ejecutar la aplicación del simulador.



```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

Unrecognized property 'XLimMethod' for class 'matlab.ui.control.UIAxes'.

Error in simulator_GUI/createComponents (line 520)
    app.graph_velocity.XLimMethod = 'tight';

Error in simulator_GUI (line 600)
    createComponents(app)

Error in SimuladorEXOGDLApp/startApp (line 86)
    obj.AppHandle = eval('simulator_GUI');

Error in SimuladorEXOGDLApp (line 48)
    startApp(obj)

Error in appinstall.internal_runapp>execute (line 116)
    out = evalin('caller', [script ':']);

Error in appinstall.internal_runapp>runapp13a (line 95)
    outobj = execute(fullfile(appinstall_dir, [wrapperfile 'App.m']));

Error in appinstall.internal_runapp>preamble18b (line 60)
    appobj = runapp13a(appinstall_dir);

Error in appinstall.internal_runapp (line 13)
    out = preamble18b(appinstall_dir);

Error in matlab.apputil.run (line 45)
    appinstall.internal_runapp(appName, appLocation);

fx >> |
```

ii. Solución:

1. Actualizar a versión de MATLAB R2021b y seguir las instrucciones de instalación en la sección B.

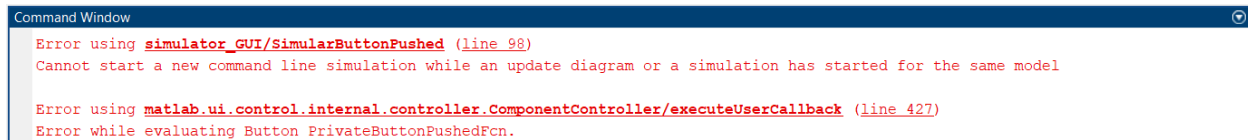
c. Caso 3

i. Problema:

1. Abrir la aplicación dos veces, ejecutar ambas aplicaciones al mismo tiempo y observar el siguiente error en el *Command Window*.

⁶ Video tutorial del proceso de instalación con solución de errores disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=YP3PCSSiDiQ&t=202s>

2. Presionar más de una vez el botón de *Simular*, antes de que comience la simulación, y observar el siguiente error en el *Command Window*.



```
Command Window
Error using simulator_GUI/SimularButtonPushed (line 98)
Cannot start a new command line simulation while an update diagram or a simulation has started for the same model

Error using matlab.ui.control.internal.controller.ComponentController/executeUserCallback (line 427)
Error while evaluating Button PrivateButtonPushedFcn.
```

ii. Solución

1. Cerrar todas las aplicaciones abiertas, abrir nuevamente una vez la aplicación y ejecutar.

F. Referencias

- [1] MathWorks. *System Requirements for MATLAB R2021b*, 2021. Consultado: Octubre 12, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.mathworks.com/support/requirements/matlab-system-requirements.html>