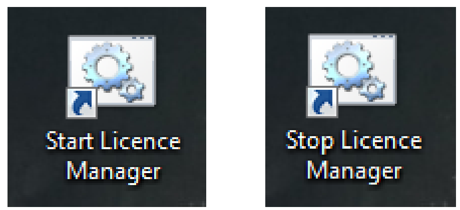
Modelo térmico de un satélite con ESATAN-TMS

1. Introducción

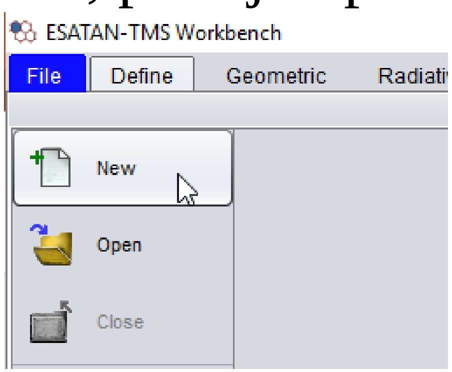
- Ejercicio práctico: Modelo térmico de un satélite en fase de diseño preliminar.
  - Como ejemplo de geometría y misión para este ejercicio: Sentinel-2 (ESA).

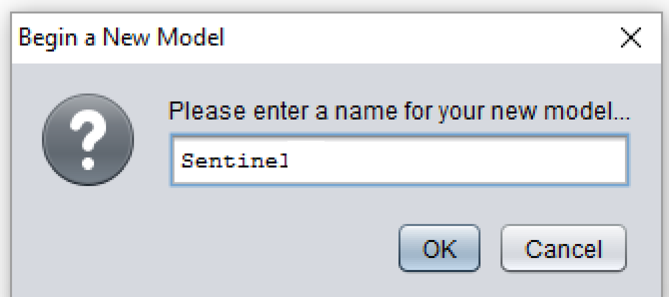
2. Creación del modelo

- Software: ESATAN-TMS. Hay que iniciar la licencia siempre que se vaya a utilizar (y cerrarla al terminar).



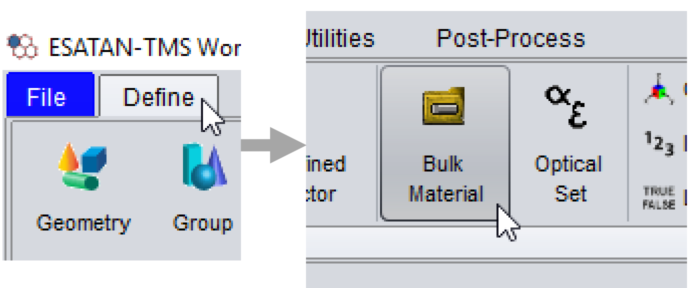
- Crear un modelo nuevo y asignarle un nombre (Sin espacios en blanco, por ejemplo Sentinel).





3. Definición de materiales y propiedades termo-ópticas

- Definir los materiales (Bulk): introduciendo nombre, densidad, calor específico y conductividad en unidades del S.I.



Bulk	Density (kg/m^3)	Specific Heat (J/kgK)	Conductivity (W/mK)
Al_6061	2700	900	160
MLI_foil	300	900	0
GaAs	5300	1000	55

3. Definición de materiales y propiedades termo-ópticas

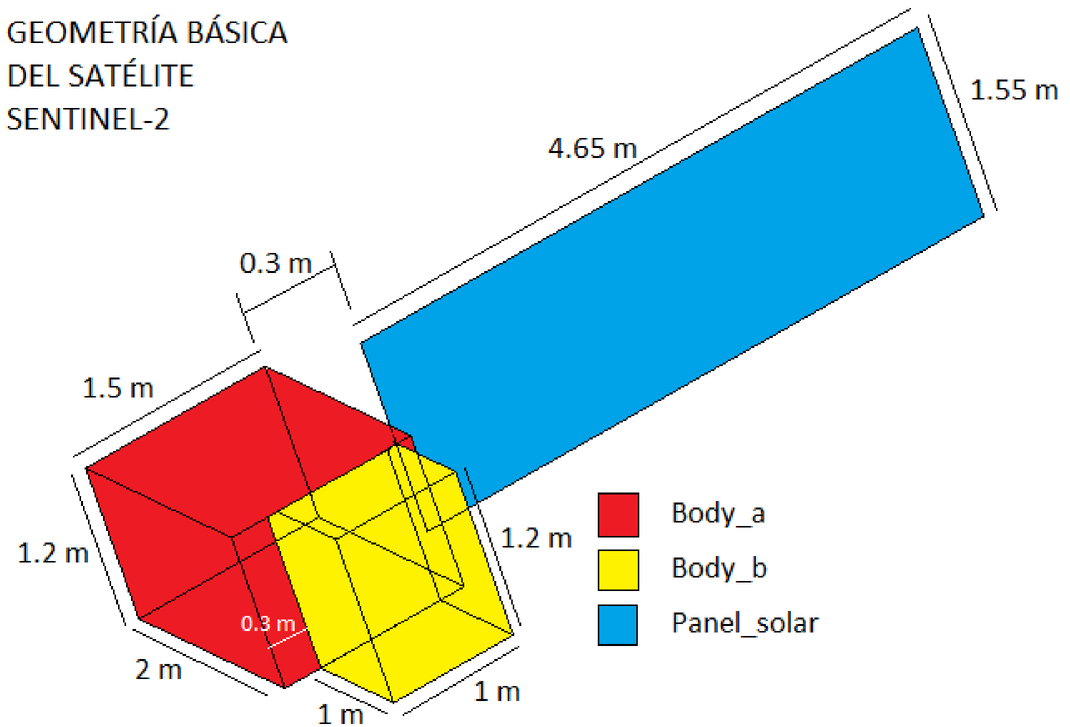
- Definir propiedades ópticas (Optical Set): α y ε

Optical	ε	α
Black	0.84	0.97
White	0.8	0.2
Low_e	0.1	0.2

Optical	ε	α
Solar_Cells	0.84	0.75
Kapton	0.61	0.36

4. Construcción de la geometría

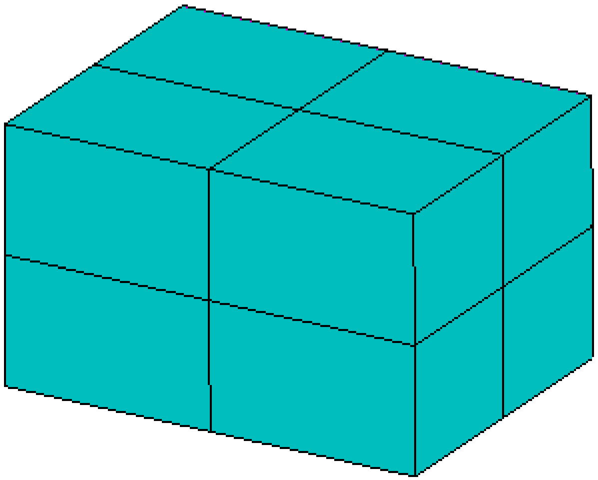
- Se construyen los tres elementos básicos de la figura con distintas estrategias



Body_a

Definición de la geometría

Property	Value
Geometry Name	Body_a
Shape	Box
Defined By	Parameters
height (m)	1.2
xmax (m)	1.5
ymax (m)	2.0



- # Body_a

Se introduce el mallado, las propiedades de cada cara, el material y el espesor

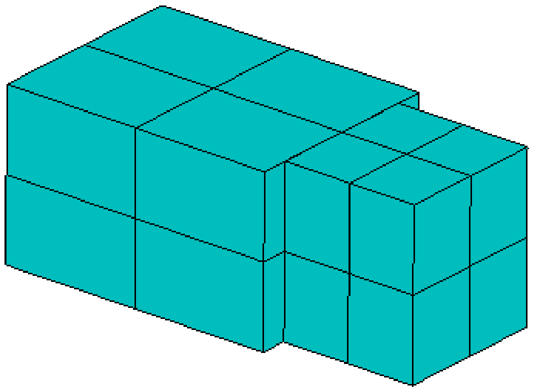
Property	Value
Nº of faces direction 1	2
Nº of faces direction 2	2
Nº of faces direction 3	2
Surface 1	
Label	Body_a_MLI
Base node number	100
Optical	Low_e
Surface 2	
Label	Body_a_int
Base node number	200
Optical	Black

Property	Value
Composition	DUAL
S1 – Material	MLI_Foil
S1 – Thickness	0.0005
S2 – Material	Al_6061
S2 – Thickness	0.002
Through Conductance	
Calculation Type	EFFECTIVE
Emittance	0.01

Body_b

Definición de la geometría

Property	Value
Geometry Name	Body_b
Shape	Box
Defined By	Parameters
height (m)	1.2
xmax (m)	1.0
ymax (m)	1.0
Tansformation	
X Distance (m)	0.25
Y Distance (m)	2.001



Body_b

Se introduce el mallado, las propiedades de cada cara, el material y el espesor

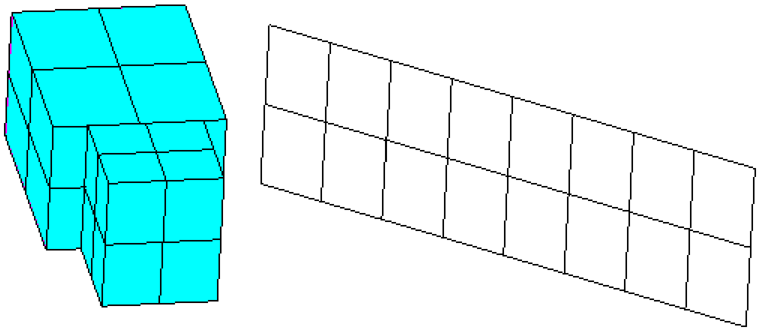
Property	Value
Nº of faces direction 1	2
Nº of faces direction 2	2
Nº of faces direction 3	2
Surface 1	
Label	Body_b_MLI
Base node number	125
Optical	Low_e
Surface 2	
Label	Body_b_int
Base node number	225
Optical	Black

Property	Value
Composition	DUAL
S1 – Material	MLI_Foil
S1 – Thickness	0.0005
S2 – Material	Al_6061
S2 – Thickness	0.002
Through Conductance	
Calculation Type	EFFECTIVE
Emittance	0.01

Solar Panel

Property	Value
Geometry Name	Solar_Panel
Shape	Rectangle
xmax (m)	4.65
ymax (m)	1.55
Tansformation	
X Angle (deg)	90
Z Angle (deg)	-37.5
X Distance (m)	-4.5
Y Distance (m)	2.5
Z Distance (m)	-0.775

Definición de la geometría



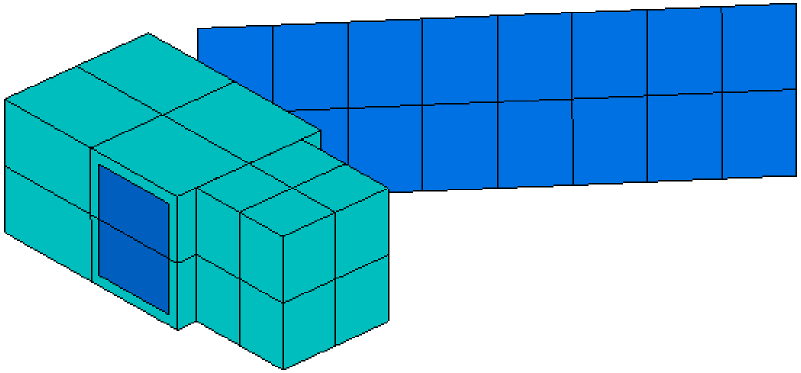
Solar Panel

Property	Value
Nº of faces direction 1	8
Nº of faces direction 2	2
Surface 1	
Label	Solar_Panel_Cells
Base node number	150
Optical	Solar_Cells
Surface 2	
Label	Solar_Panel_Support
Base node number	250
Optical	White

Property	Value
Composition	DUAL
S1 – Material	GaAs
S1 – Thickness	0.0004
S2 – Material	Al_6061
S2 – Thickness	0.001
Through Conductance	
Calculation Type	EFFECTIVE
Conductance (W/m^2K)	50.0

$$\dot{Q} = h_{eff}.A.\Delta T$$

Radiador : Geometría



Property	Value
Geometry Name	Radiator
Shape	Rectangle
xmax (m)	1
ymax (m)	0.8
Tansformation	
Y Angle (deg)	-90
X Distance (m)	1.505
Y Distance (m)	1.1
Z Distance (m)	0.1

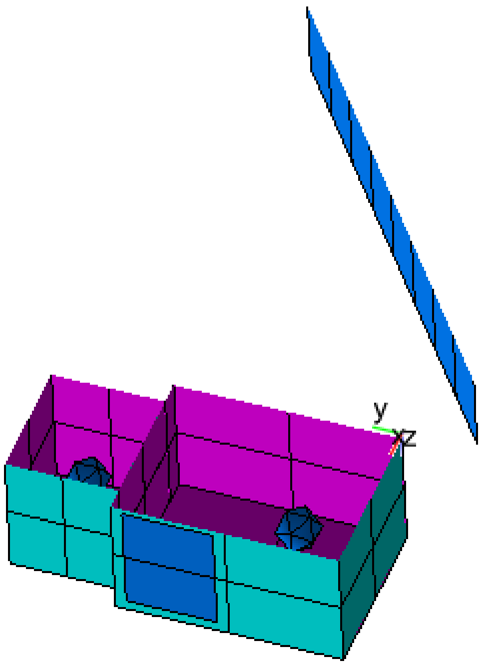
Radiador : Propiedades

Property	Value
Nº of faces direction 1	1
Nº of faces direction 2	1
Surface 1	
Label	Radiator
Activity	Conductive
Base node number	300
Optical	White
Surface 2	
Label	Radiator
Base node number	300
Optical	White

Property	Value
Composition	SINGLE
Material	Al_6061
Thickness	0.002

Nodos no geométricos

- Simulan carga de pago en cuanto a masa y/o disipación



Payload 1

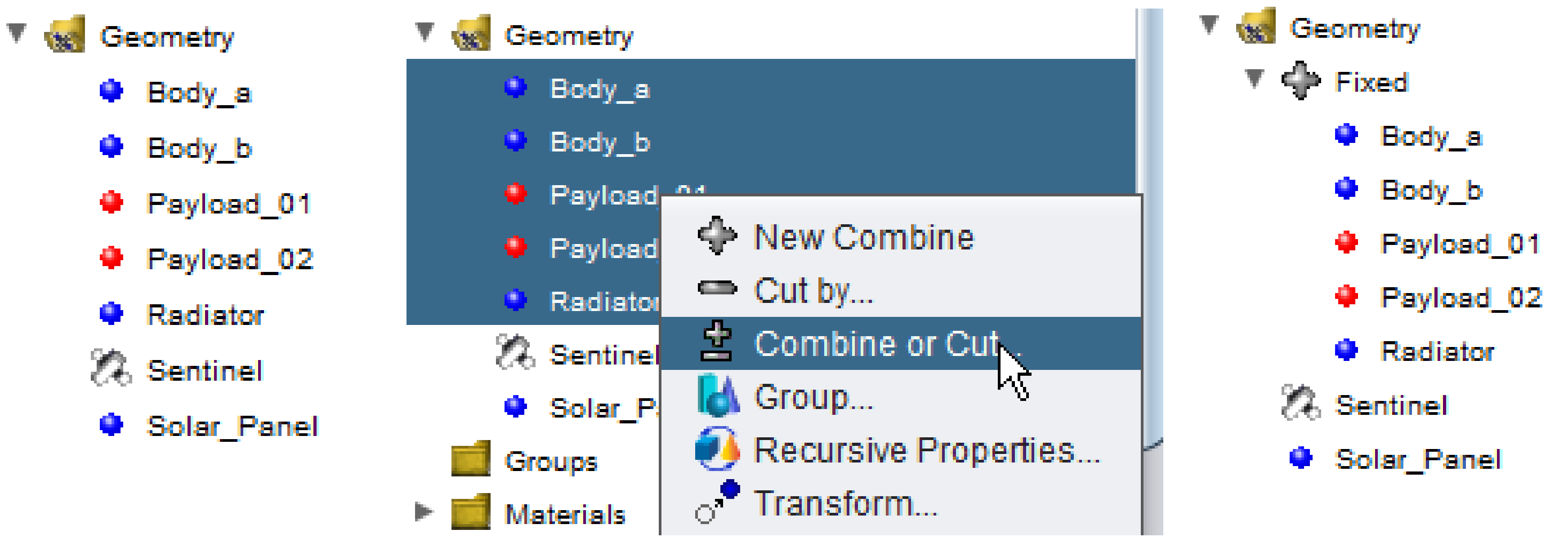
Property	Value
Origin	[0.75, 0.65, 0.6]
Radius (m)	0.2
Node number	1000
Capacitance	
Method	VALUE
Value	20000

Payload 2

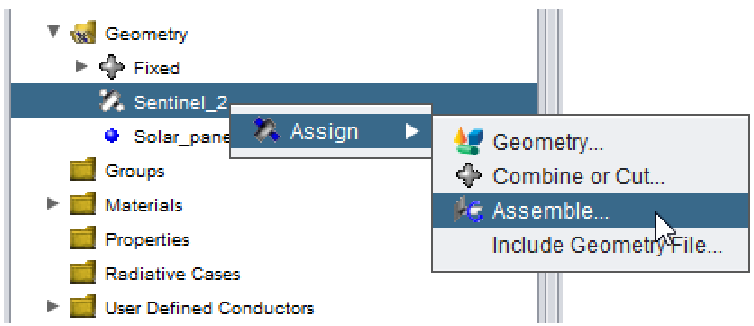
Property	Value
Origin	[0.75, 2.5, 0.6]
Radius (m)	0.2
Node number	2000
Capacitance	
Method	VALUE
Value	10000

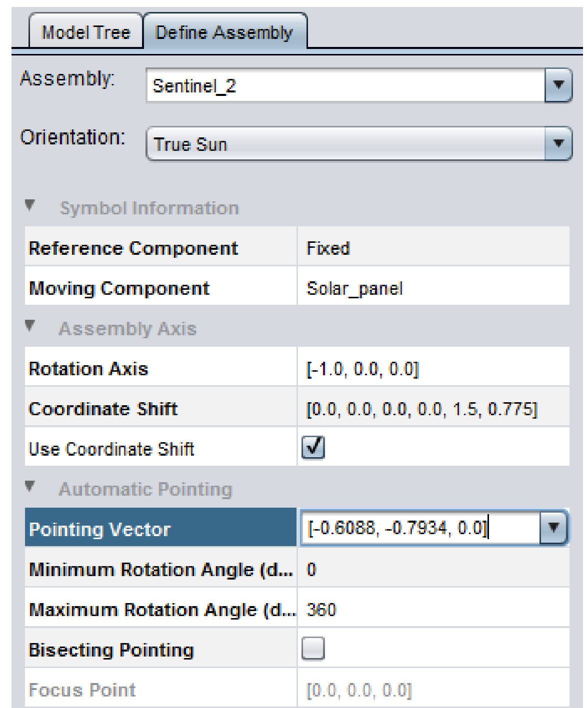
Agrupación y cinemática

- Agrupar shells para formar estructura jerárquica del modelo



- Cinemática del panel solar: siempre perpendicular a la dirección satélite-sol.

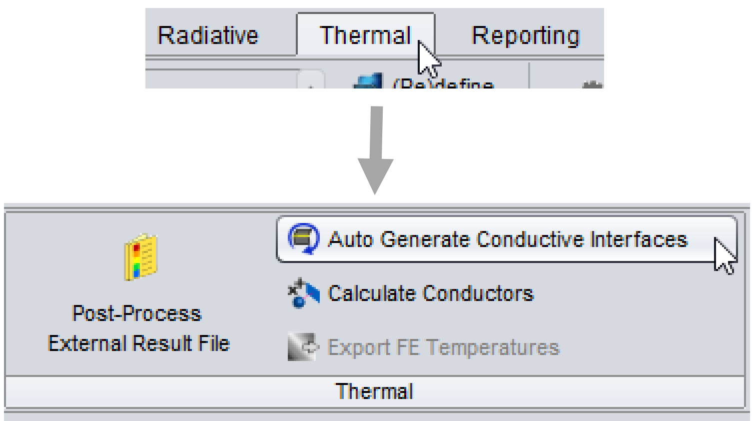


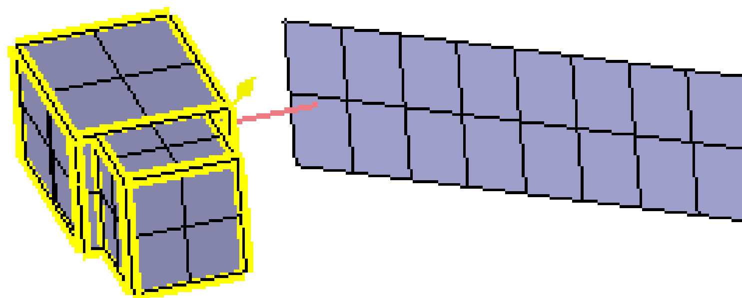


- Como referencia se selecciona la agrupación ‘fixed’ y como componentes móviles el panel solar.

7. Generación de interfaces conductivas

- Se generan aquellas que ESATAN detecta automáticamente.

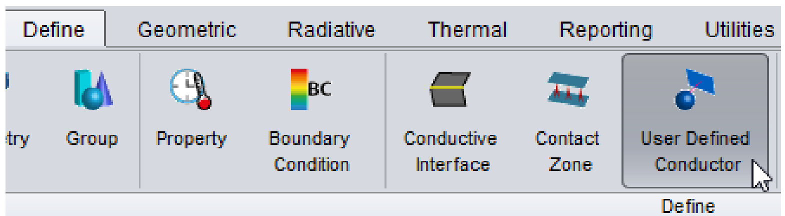




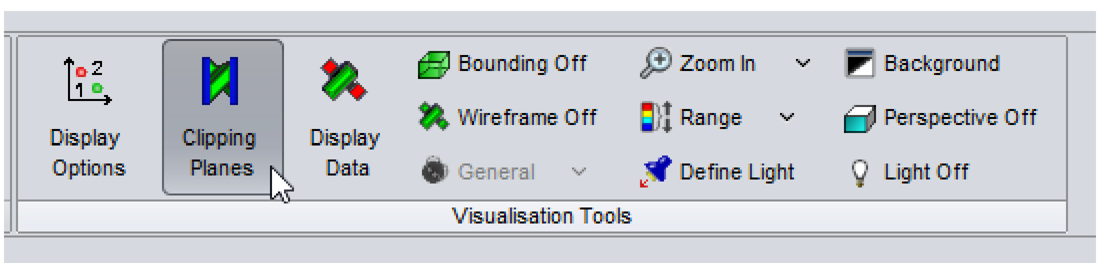
- Se cambian todas las interfaces a tipo ‘Fused’ (por defecto)

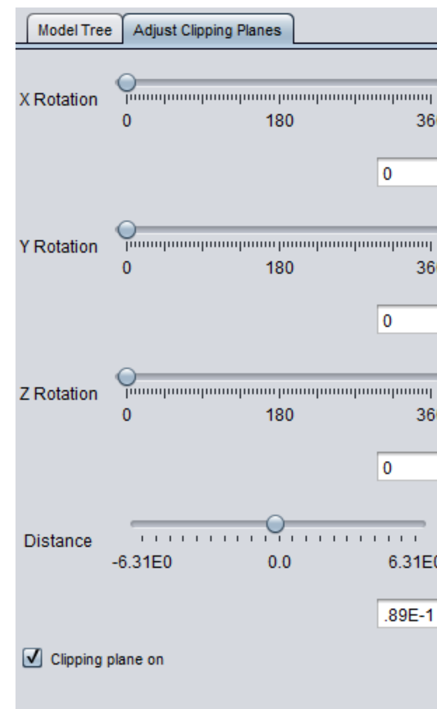
Conductores no geométricos

- Se crean desde la opción User Defined Conductor

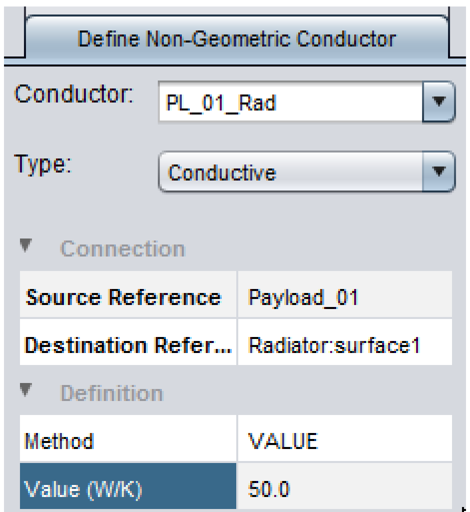


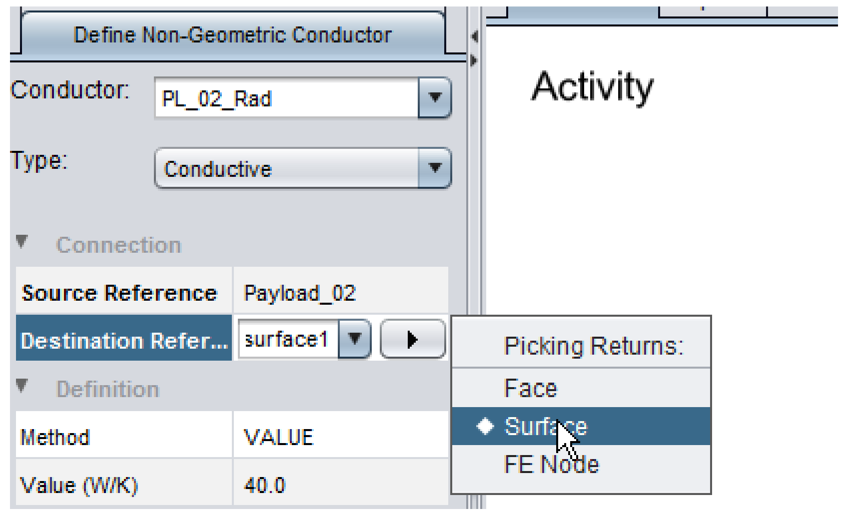
- Es más sencillo visualizar los nodos de origen y destino activando el plano de corte

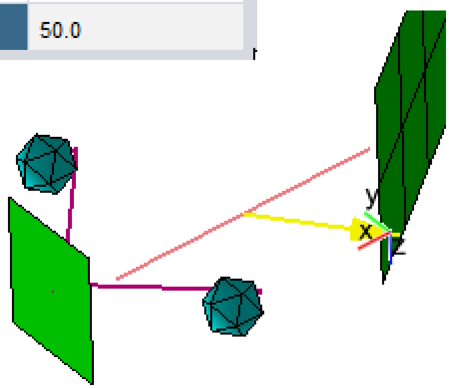




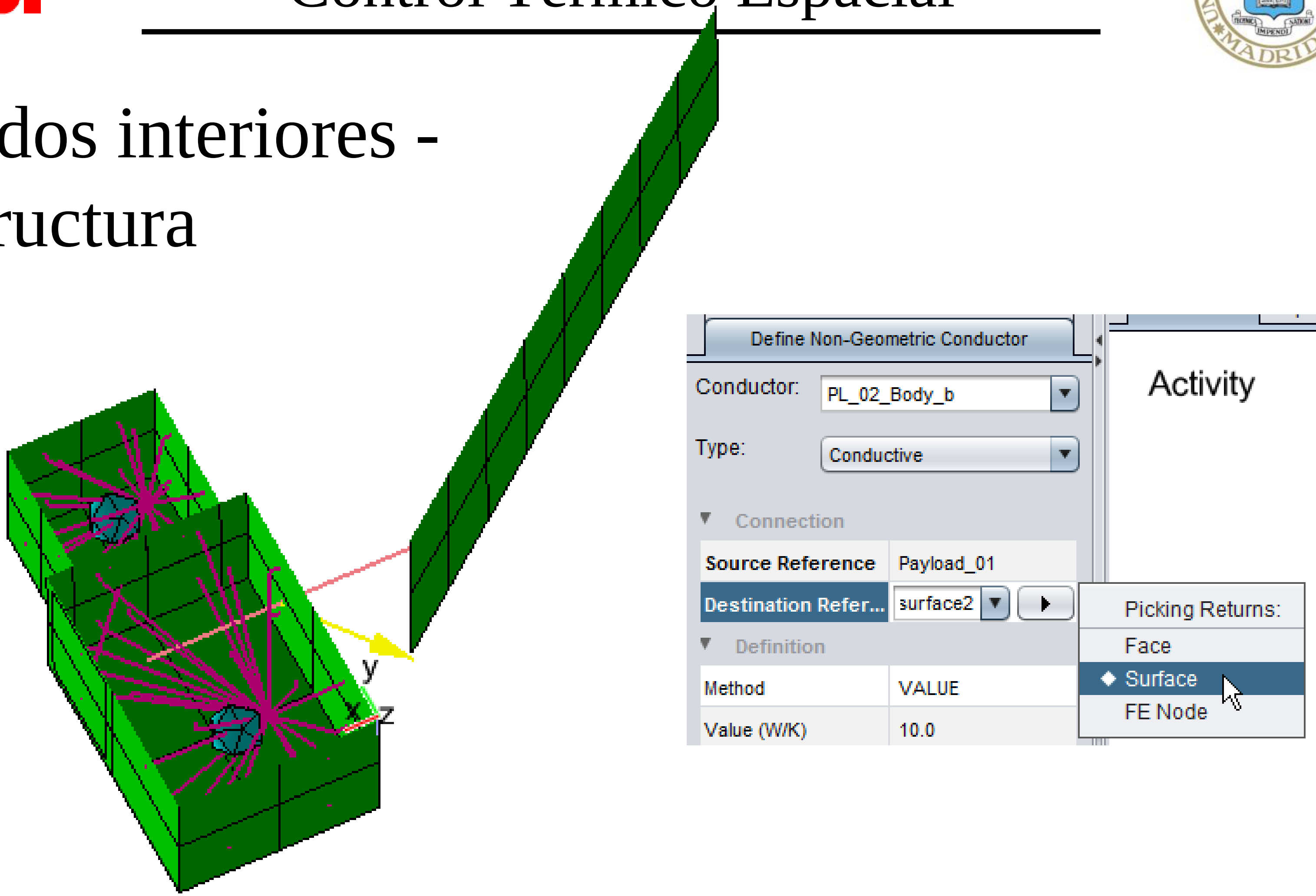
Nodos interiores - radiador



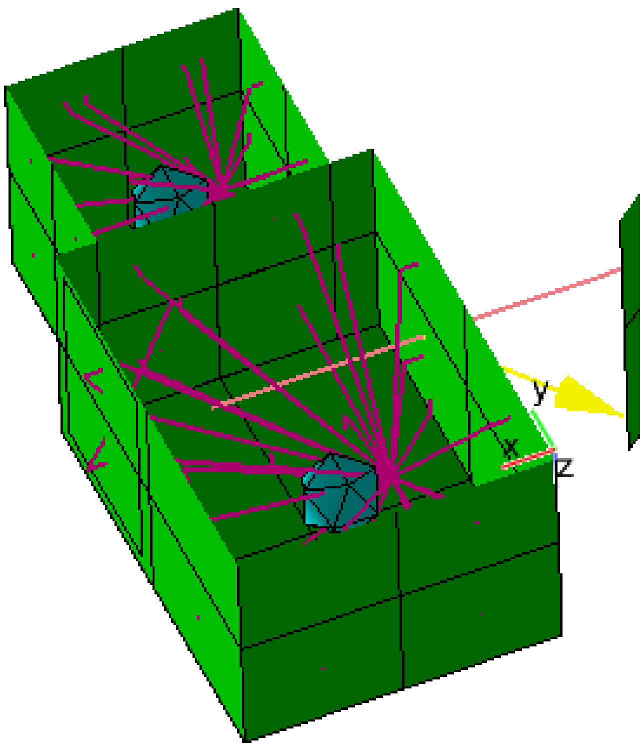




- Nodos interiores - estructura



Estructura - radiador



Define Non-Geometric Conductor

Conductor: Rad_Estructura_01

Type: Conductive

Connection

Source Reference	Radiator:surface1
Destination Refer...	Body_a:face19

Definition

Method	VALUE
Value (W/K)	0.5

Define Non-Geometric Conductor

Conductor: Rad_Estructura_02

Type: Conductive

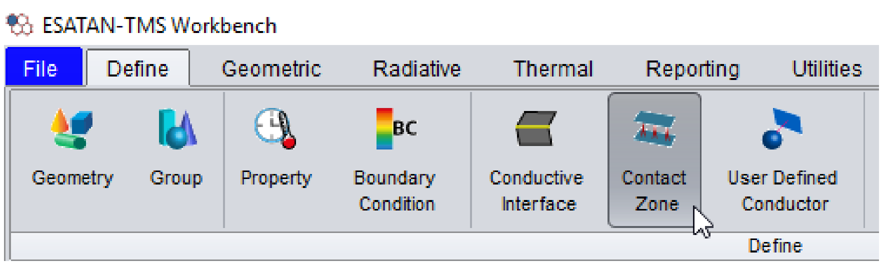
Connection

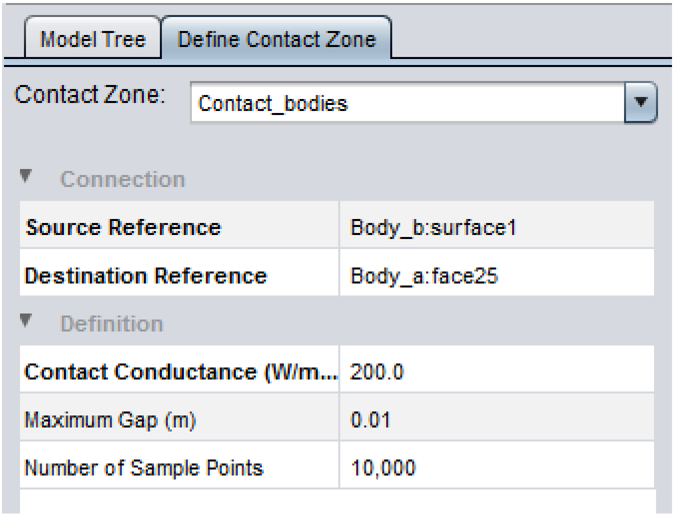
Source Reference	Radiator:surface1
Destination Refer...	Body_a:face23

Definition

Method	VALUE
Value (W/K)	0.5

Contacto entre Body_a y Body_b

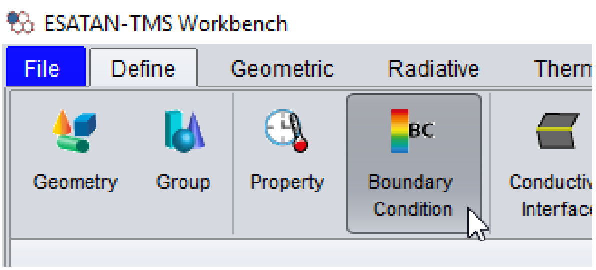


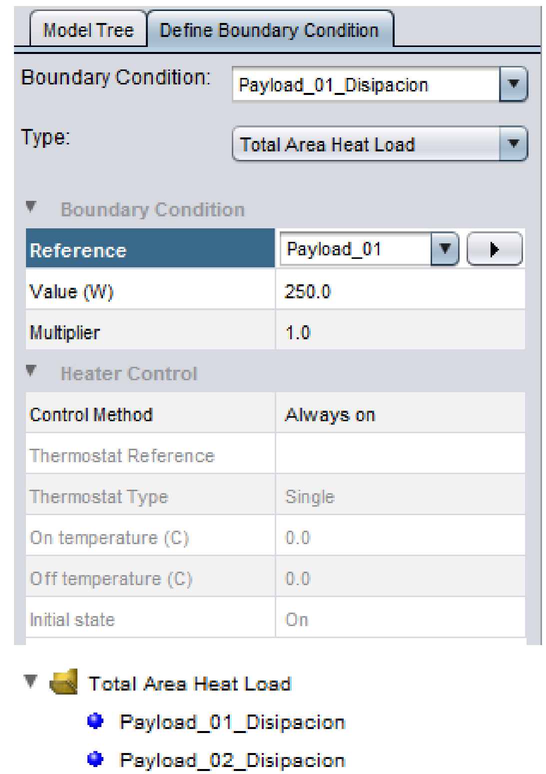


- Se define un contacto térmico entre las dos superficies con un valor de h_c= 200W/m^{2}K.

Condiciones de contorno

- Introducir las potencias disipadas por los equipos mediante interfaz gráfica

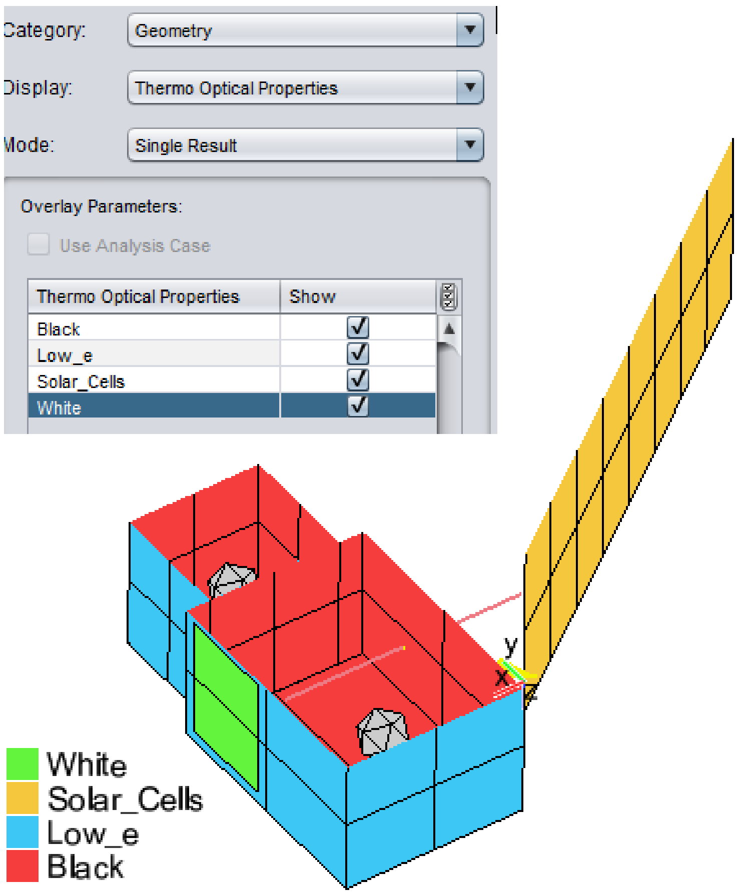




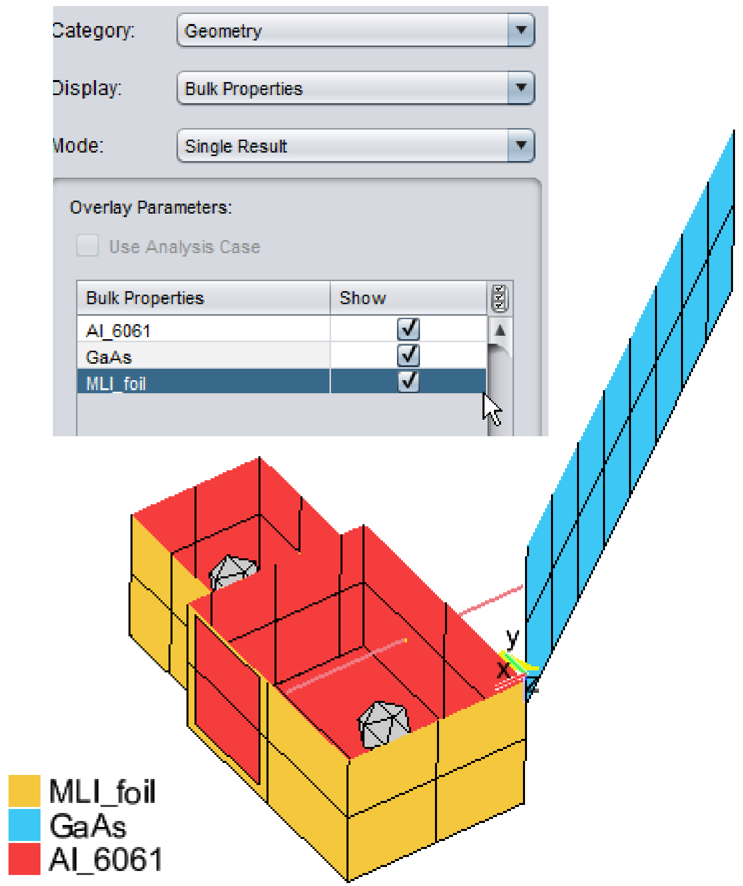
- Se reparten 400W entre los dos nodos interiores: 250W en el Payload_1 y 150W en Payload_2.

Comprobación del modelo

Propiedades termo-ópticas

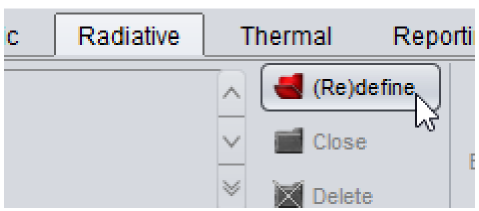


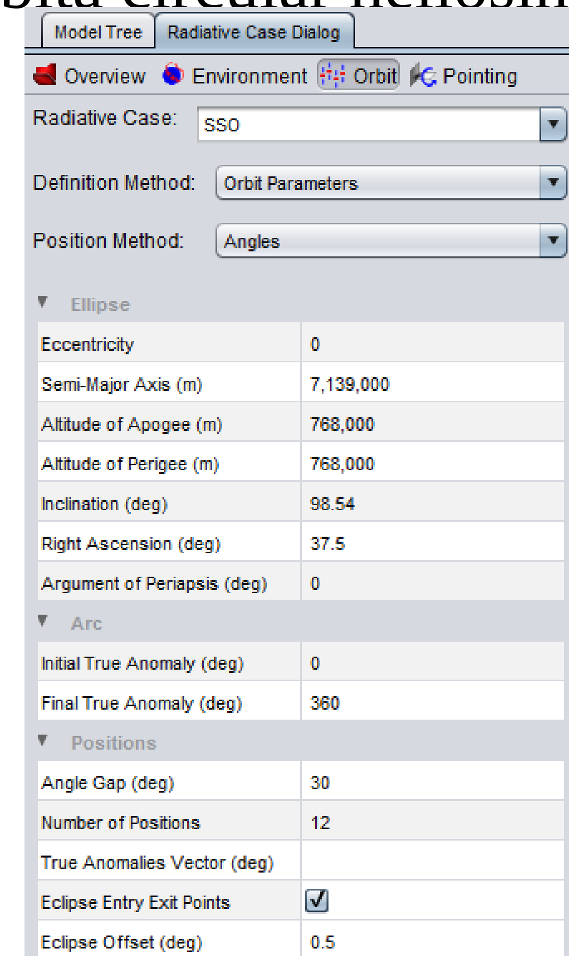
Materiales

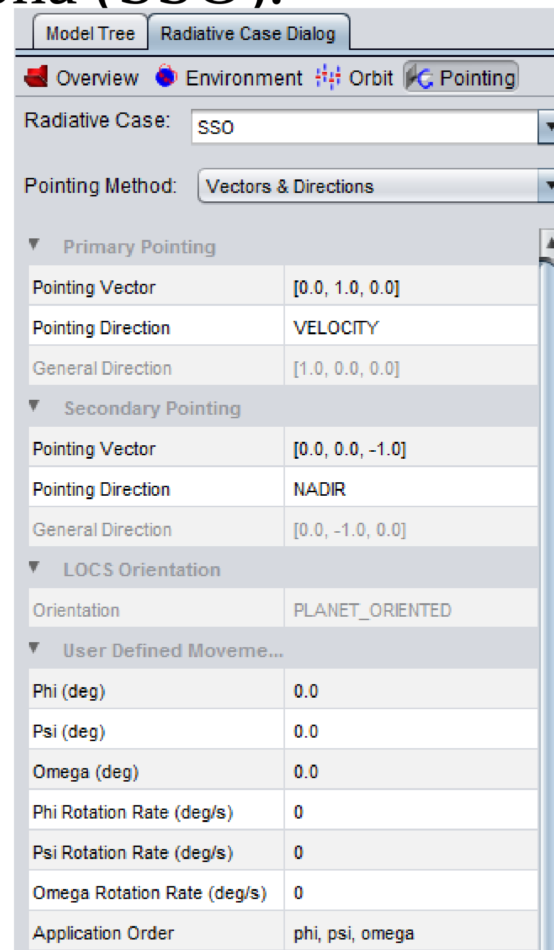


Caso radiativo

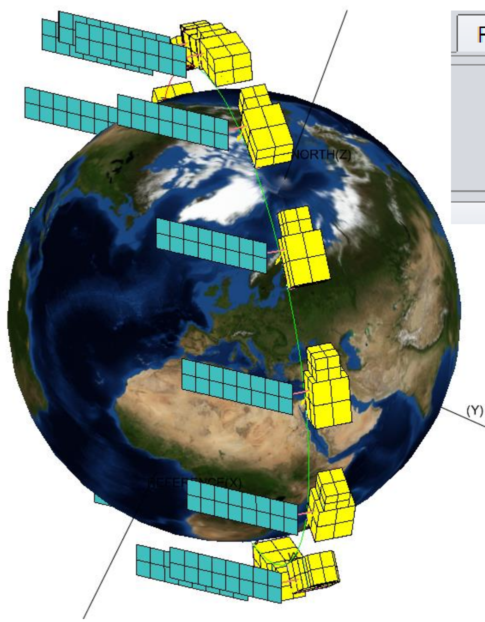
- Se define una órbita circular heliosíncrona (SSO).

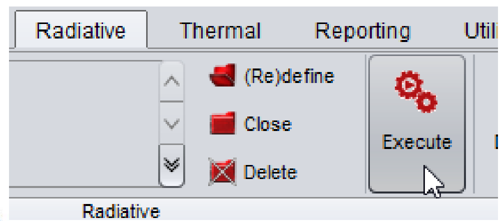


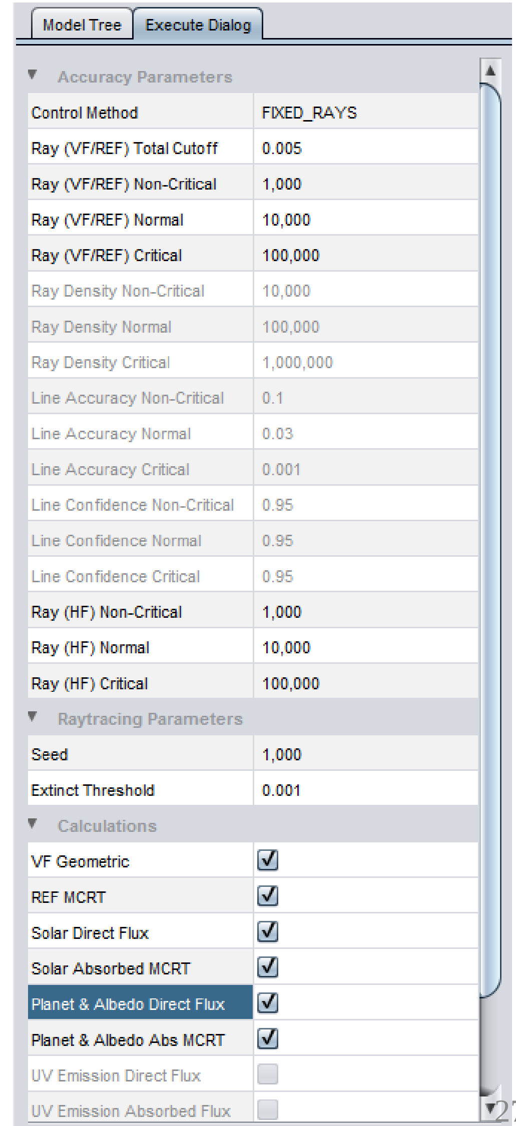




- Se ejecuta para obtener los factores de vista, GRs y las cargas del Sol (QS), Albedo (QA) e infrarrojo terrestre (QE).

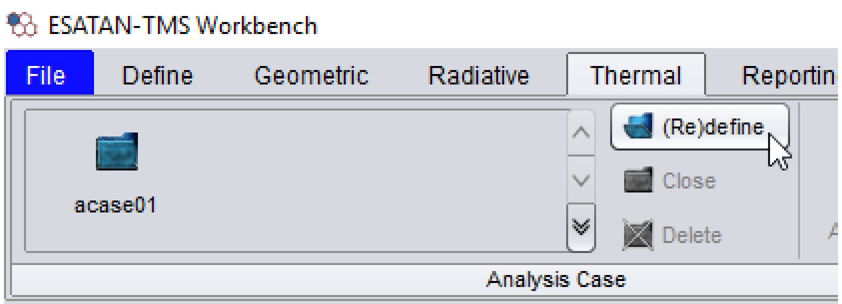


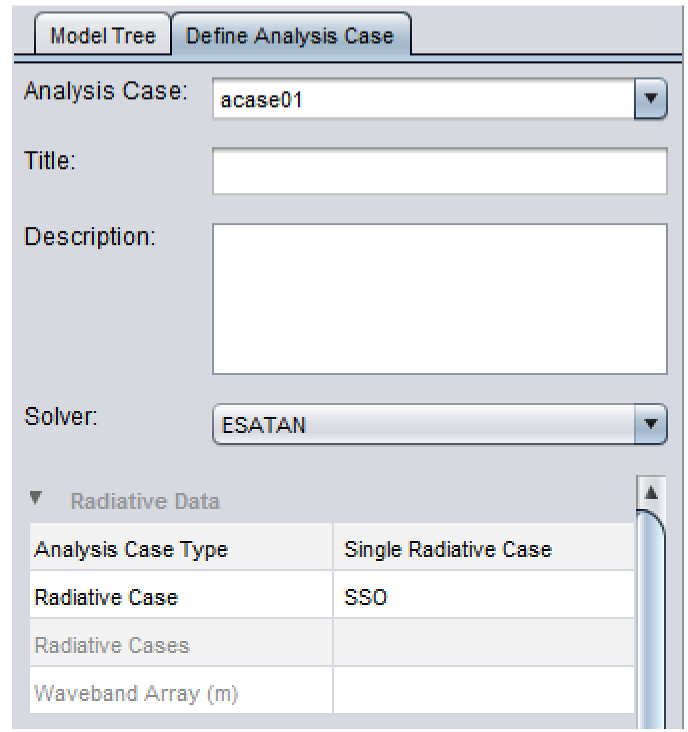




Caso de análisis

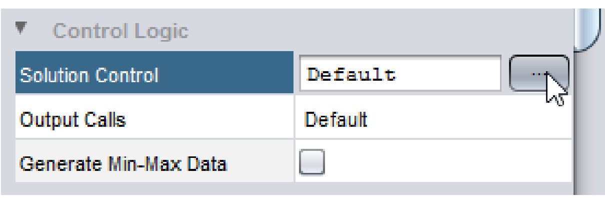
- Se selecciona el radiative case deseado: SS0

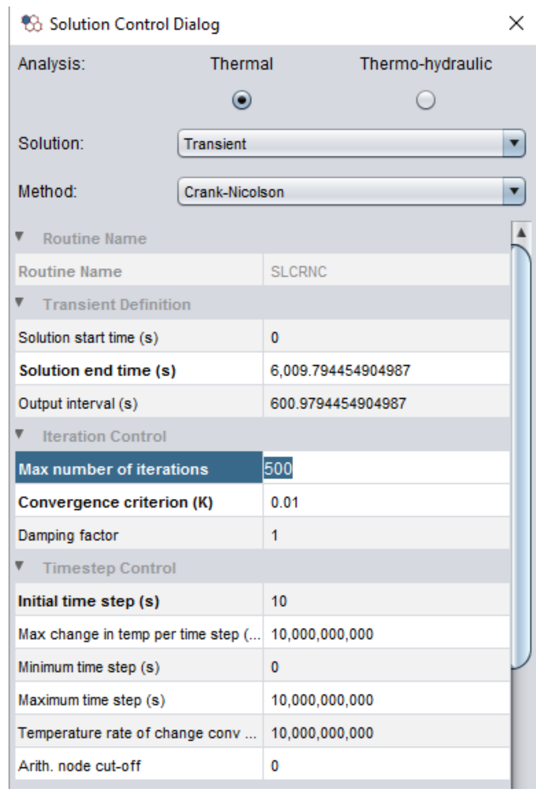


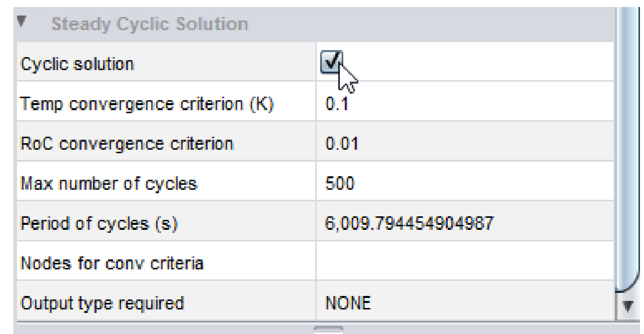


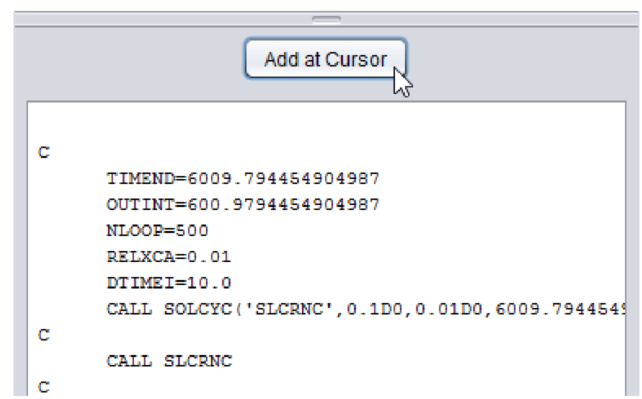
Control Térmico Espacial

- Se define el esquema de solución (transitorio en este caso) y se añade al bloque de ejecución.

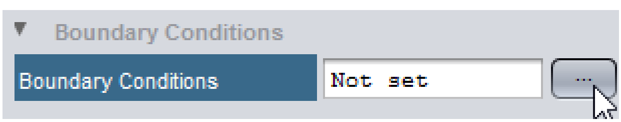


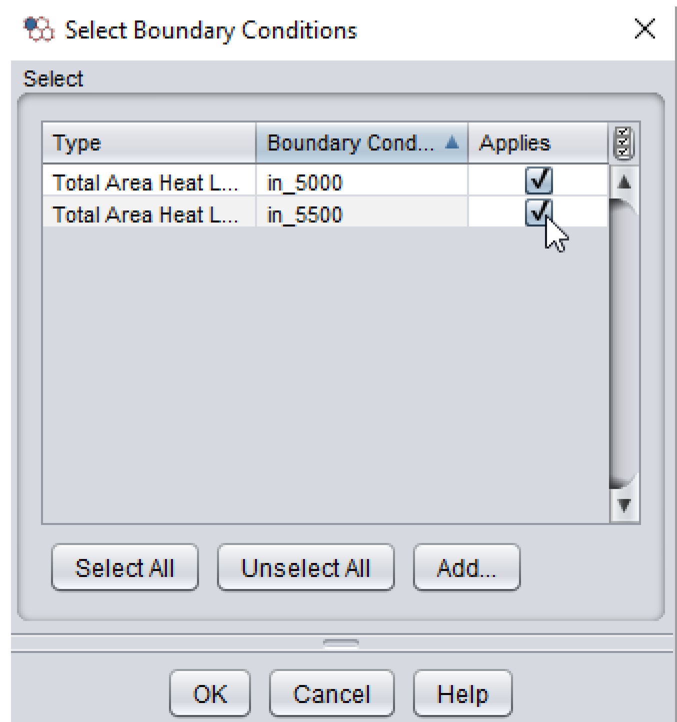




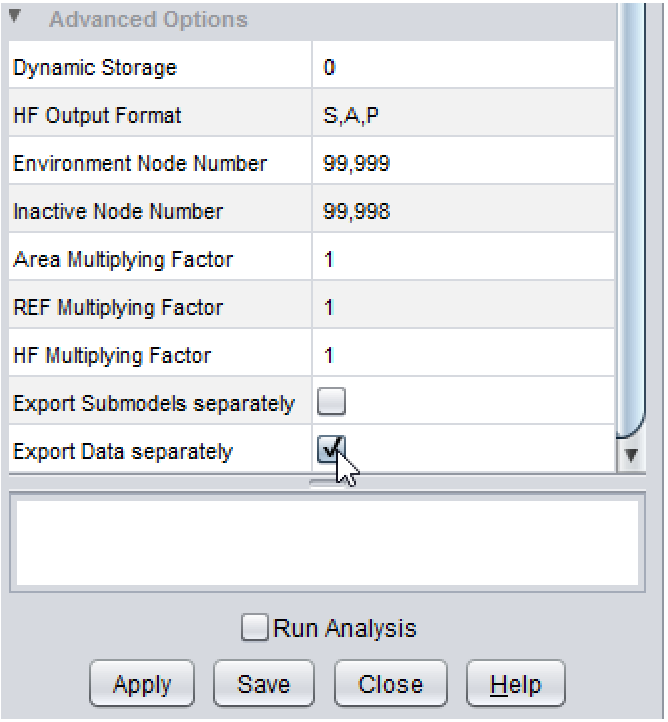


- Se seleccionan las condiciones de contorno, que en este caso son las potencias disipadas.



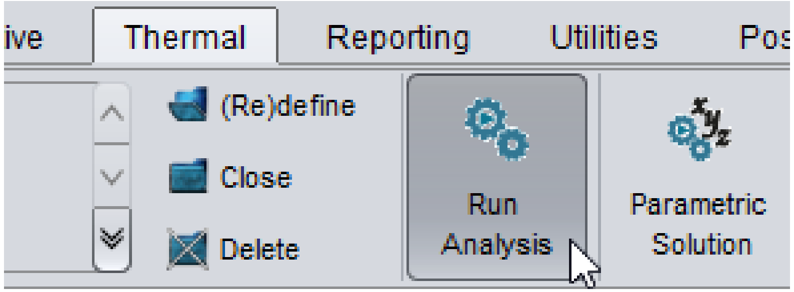


- Se pide que incluya los los flujos solar, albedo e infrarrojo y se pone número a los nodos de contorno (ambiente e inactivo).



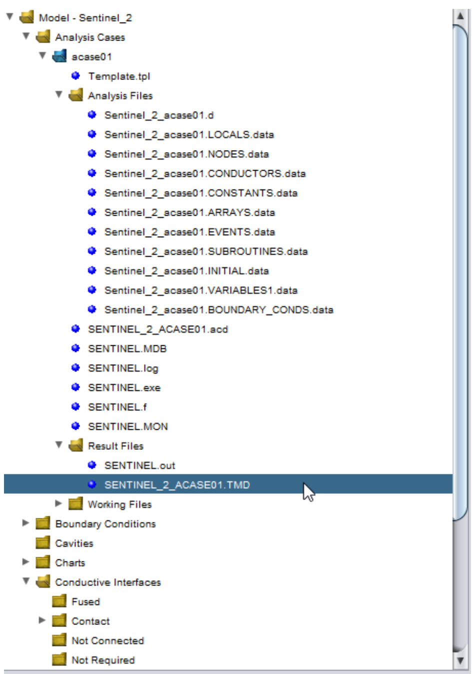
11. Resultados

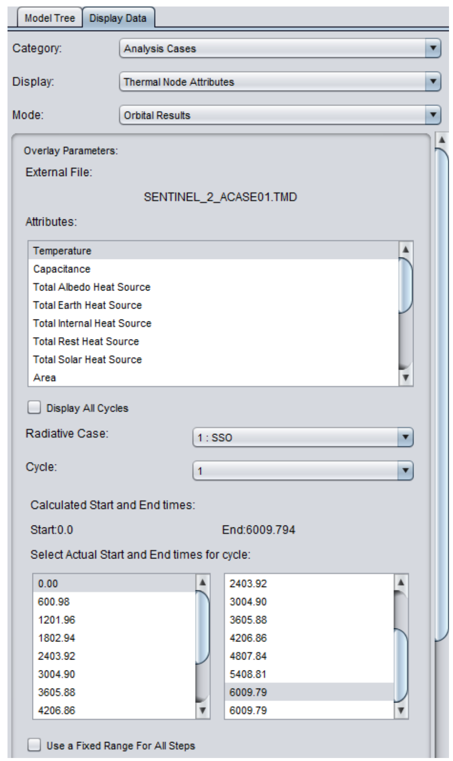
- Ejecutando el caso de análisis (Run Analysis) el programa calcula las temperaturas y flujos en cada posición orbital.

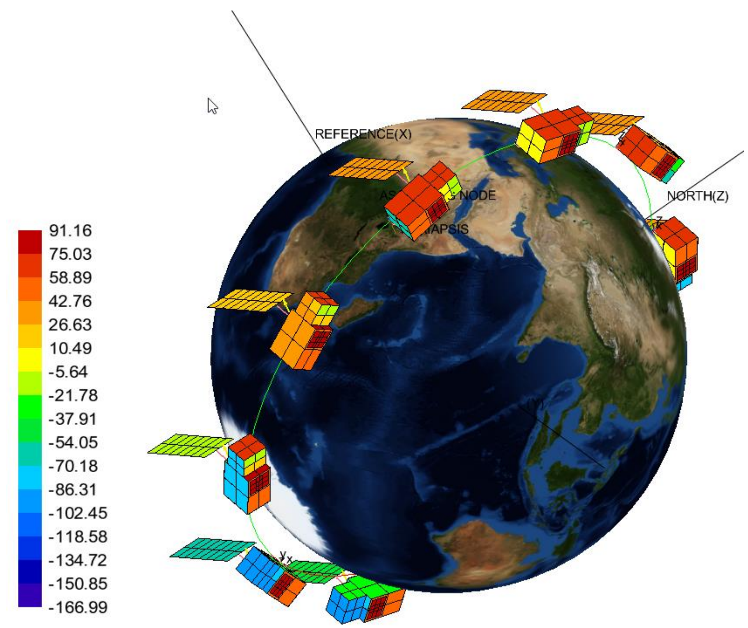


Visualización de resultados

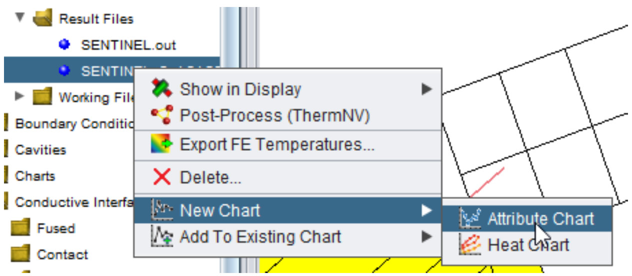
- Los resultados se guardan en un archivo TMD y se configura su visualización haciendo doble click en el archivo.

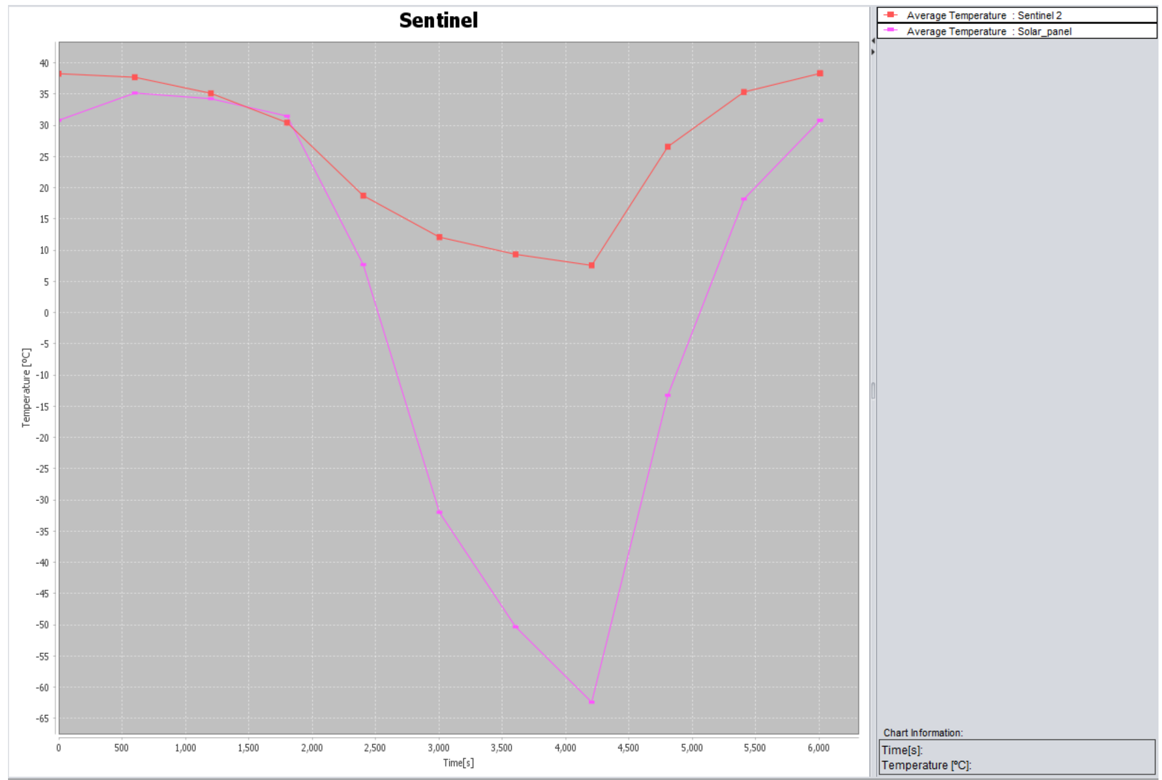






Visualización de resultados





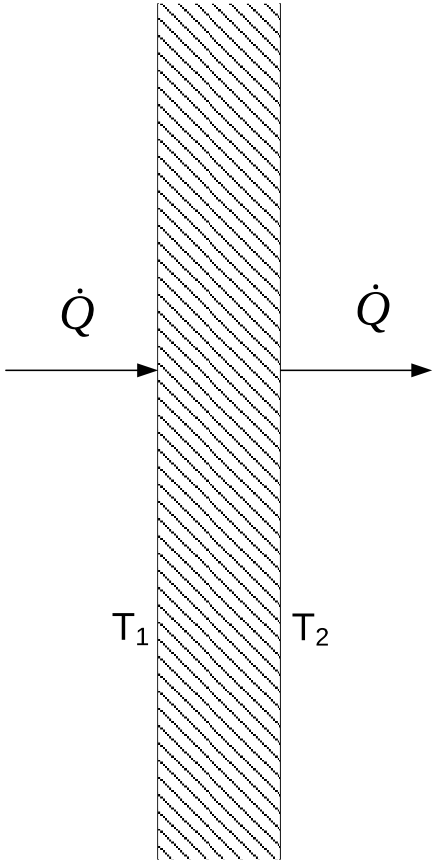
AI. Cáculo de GLs

- Las conductancias térmicas lineales (GLs) se definen como:

$$\dot{Q} = k\,\frac{A\,(T_1 - T_2)}{l}$$

$$GL = k\,\frac{A}{l}$$

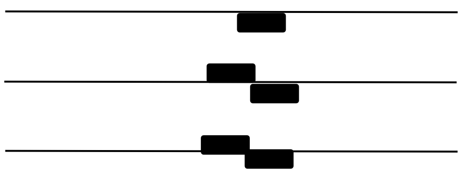
$$\Rightarrow \quad \dot{Q} = GL(T_1 - T_2)$$



- Siendo k la conductividad térmica del material, A el área transversal y x la distancia entre los dos nodos.

A2. MLIs

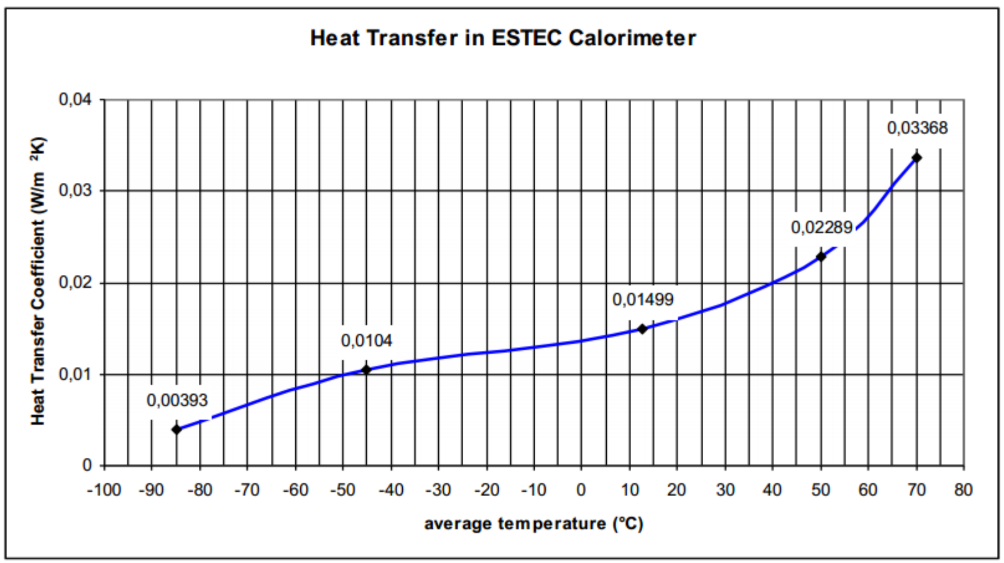
- 23 Layer VDA MLI



1 x 1 mil ITO/Kapton/VDA, perf.

19 x 0.3 mil VDA/Kapton/VDA, perf., emb

1 x 1 mil VDA/Kapton/VDA, perf.

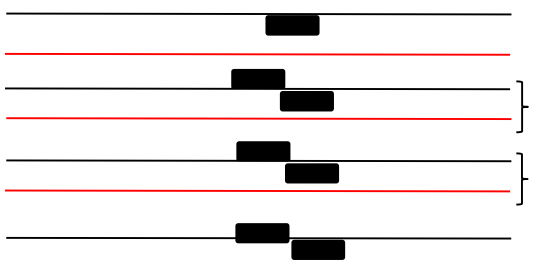


	MLIE1
T (ºC)	Cond. ideal
-75	0.00393
-45	0.0104
14	0.01499
50	0.02289
70	0.03368

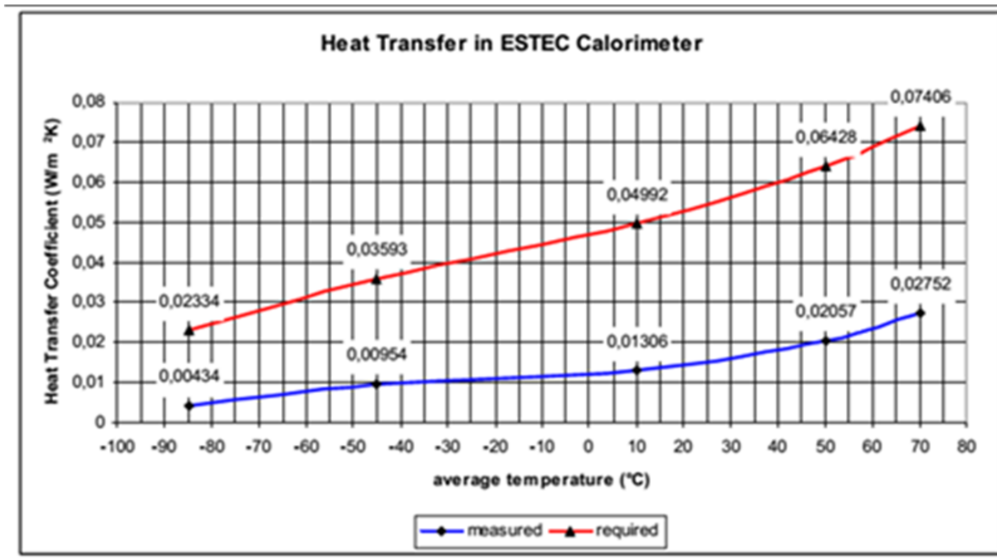
GL (ext-int)=
Factor*A*INTRP(Tav(Text,Tint),MLIE1)

A2. MLIs

- 22 Layer VDA MLI



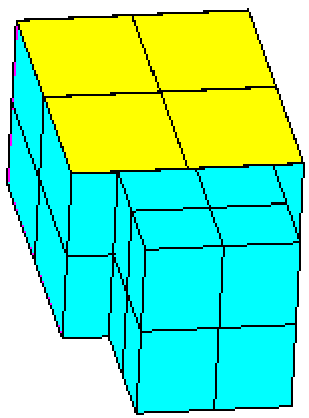
1 x 1 mil VDA/Kapton/VDA, perf.
1 x Dacron B4A
5 x 0.3 mil VDA/Kapton/VDA, perf.
5 x Dacron B4A
15 x 0.25 mil VDA/Mylar/VDA, perf.
15 x Dacron B4A
1 x 1 mil VDA/Kapton/VDA, perf.

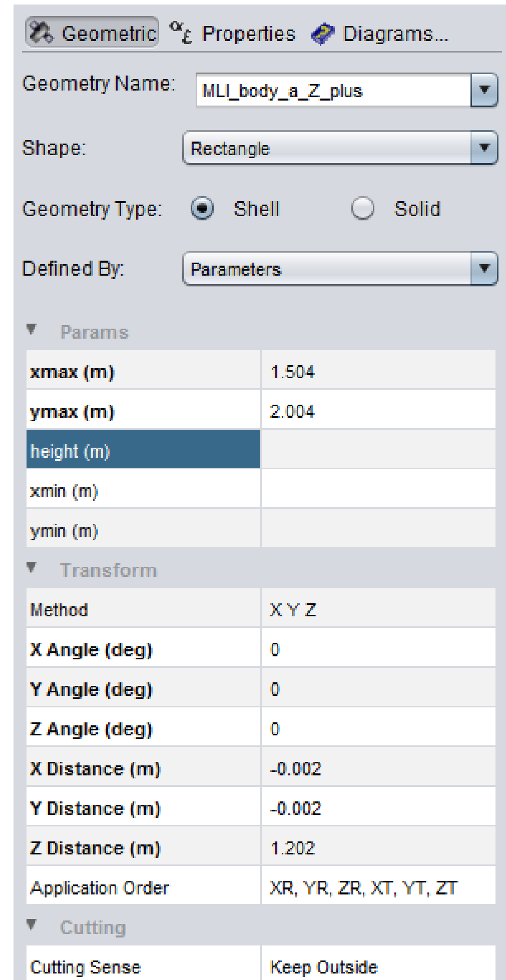


T (ºC)	MLIE3 Cond. ideal
-85	0.00434
-45	0.00954
10	0.01306
50	0.02057
70	0.02752

GL (ext-int)=
Factor*A*INTRP(Tav(Text,Tint),MLIE1)

- MLI : Varias shells recubriendo las caras exteriores de ambos cuerpos (a 2 mm de distancia)





Para evitar huecos las MLIs tienen que medir 2 mm más por cada lado que el cuerpo del satélite

Control Térmico Espacial

- MLI : Propiedades. Comunes a todas las shells (cambiando siempre el número de nodo).

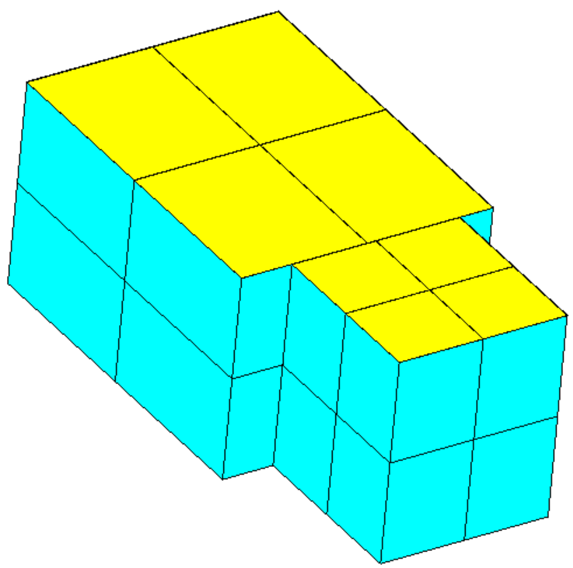
Geometry Name: MLI_body_a_Z_plus

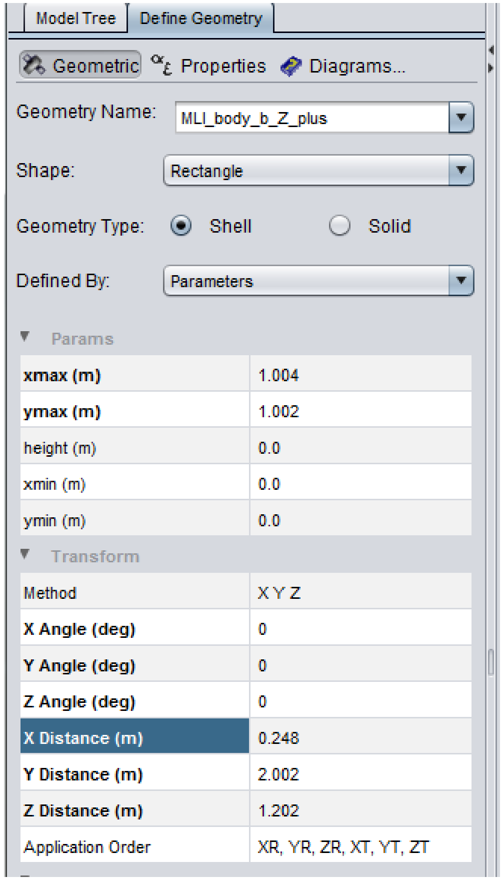
Mesh	
Faces along Direction 1	2
Faces along Direction 2	2
Ratio in Direction 1	1
Ratio in Direction 2	1
Mesh Positions in Directio...	
Mesh Positions in Directio...	
Analysis Type	Lumped Parameter
Surface 1	
Label	MLI_ext
Activity	Active
Radiative Criticality	NORMAL
Submodel name	
Base Node Number	600
Node Increment	1
Optical Coating	Kapton
Colour	YELLOW

Surface 2	
Label	MLI_int
Activity	Active
Radiative Criticality	NORMAL
Submodel name	
Base Node Number	650
Node Increment	1
Optical Coating	Low_e
Colour	VERY_LIGHT_GREY
Bulk Material	
Composition	SINGLE
Material	MLI_foil
Thickness (m)	5.0E-4
Surface 1 - Material	
Surface 1 - Thickness (m)	
Surface 2 - Material	
Surface 2 - Thickness (m)	
Through Conducta...	
Calculation Type	EFFECTIVE
Conductance (W/m2.K)	
Emittance	0.01

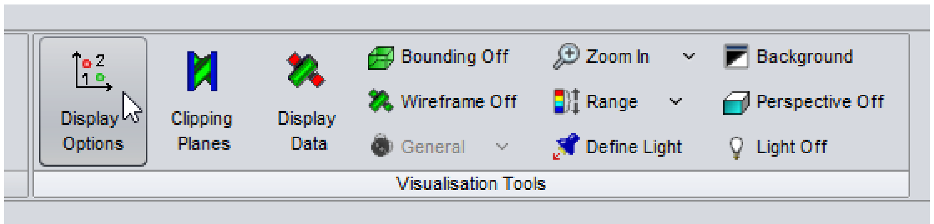
$$\dot{Q} = \sigma . A . \varepsilon_{eff} . (T_e^4 - T_i^4)$$

- MLI : Las MLIs superiores e inferiores se definen del mismo modo, cambiando el número de nodo

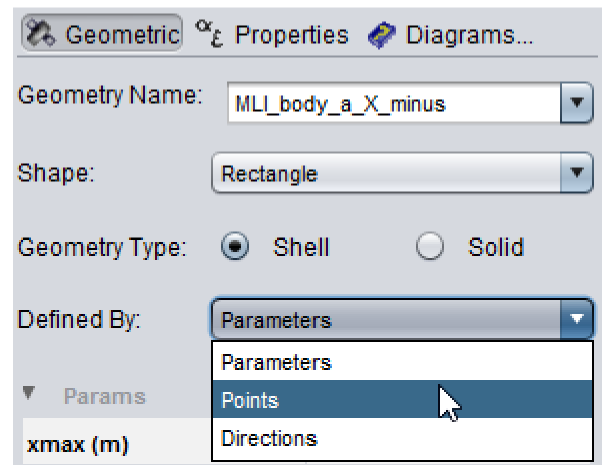


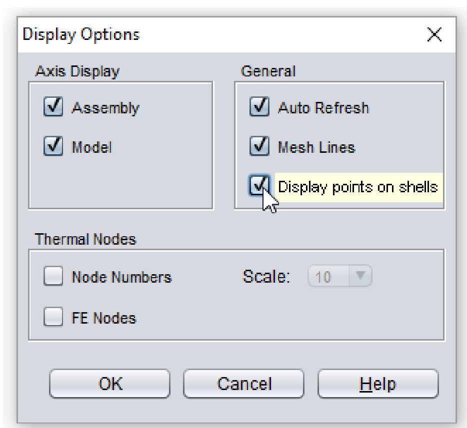


Control Térmico Espacial



MLIs laterales a





Primero hay que mostrar los puntos en el modelo

Después seleccionar definición por puntos y pinchar en ellos