



# ANÁLISIS DE TIEMPO DE VIDA ORBITAL PARA NANOSATÉLITES EN ÓRBITAS LEO

Oscar Ramírez<sup>1</sup>, Diana Cubillos<sup>1,2</sup>, Jorge Soliz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo SiAMo, Universidad ECCI, Colombia.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Universidad ECCI, Colombia.

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Privada Boliviana, Bolivia.

# TABLA DE CONTENIDO

- 1 OBJETIVO GENERAL
- 2 MOTIVACIÓN
- 3 ANTECEDENTES GENERALES
- 4 MODELO
- 5 RESULTADOS
- 6 CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

## Objetivo General

Calcular tiempos de vida orbital máximos y mínimos para misiones satelitales hipotéticas que involucran nanosatélites en órbitas LEO y ecuatoriales, teniendo en cuenta interacciones gravitacionales, deformación terrestre y frenado atmosférico.

## Motivación

Predecir cuánto tiempo estará en órbita un satélite, antes de entrar a la atmósfera terrestre, teniendo en cuenta condiciones iniciales dadas como:

- Altura inicial
- Masa
- Área
- Parámetros orbitales.

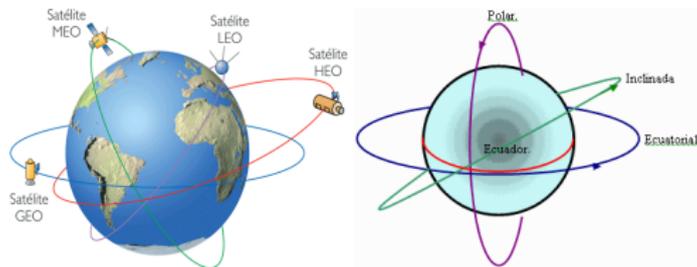


FIGURA : <https://www.google.com/search?q=aplicaciones+de+las+imagenes+satelitales>

## Aplicaciones

- Observación constante de algún sector ecuatorial
- Mejora en las comunicaciones
- Monitoreo del clima, control de desastres..etc.

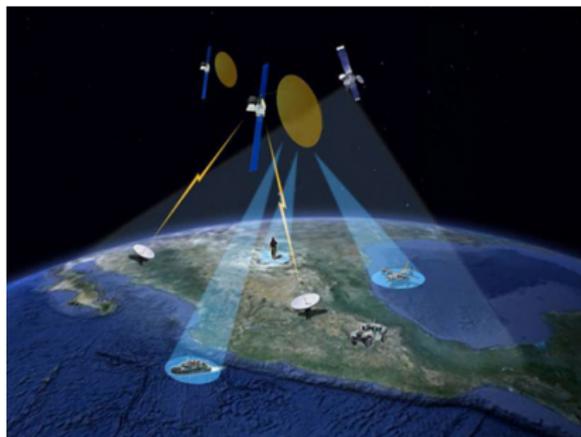


FIGURA : <https://www.google.com/search?q=aplicaciones+de+las+imagenes+satelitales>

## Antecedentes Generales

- *Proyecto Garada*: Tiene como objetivo optimizar la recolección de imágenes del satélite SAR (Synthetic Aperture Radar) usando varios satélites pequeños en forma de constelación con miras al monitoreo de desastres naturales en el continente australiano.

- *Resultados*: Tiempos de vida orbital en función de la altitud para un satélite de 75 kg con un área de 1 m<sup>2</sup>, con interacciones gravitacionales, deformación terrestre, frenado atmosférico y presión de radiación.

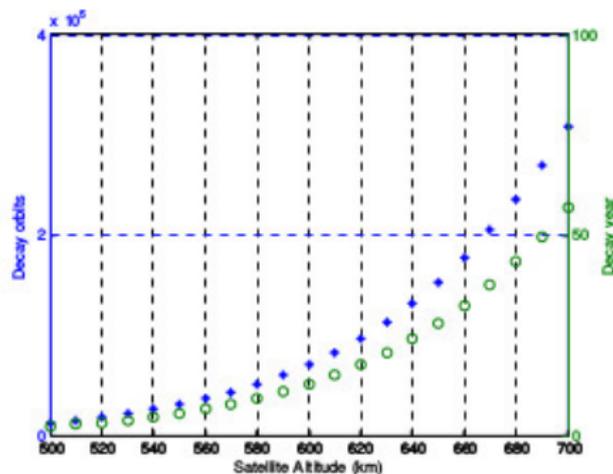


Figure 2. Orbit lifetime versus satellite altitude

Table 2. Satellite lifetime versus altitude

Satellite altitude (km)	Lifetime (year)
550	5.5
560	6.5
570	7.7
580	9.2
590	10.9
600	12.8

Mediante un código se modela el movimiento del satélite artificial alrededor de la tierra, a partir de condiciones de entrada como:

- Altura inicial.
- Masa.
- Elementos orbitales.

Se calcula la altura en función del tiempo para un satélite que esta sometido a:

- Interacciones gravitacionales (Tierra-satélite).
- Deformación terrestre ( $J_2$ ,  $J_3$ ,  $\dots$ ,  $J_{14}$ ).
- Frenado atmosférico (parametrización de la densidad).

## Modelo

Potencial:

$$U_{def}(r, \phi) = -\frac{\mu}{r} \left[ \sum_{n=2}^{\infty} J_n \left( \frac{R_T}{r} \right)^n P_n(\sin\phi) \right] \quad (1)$$

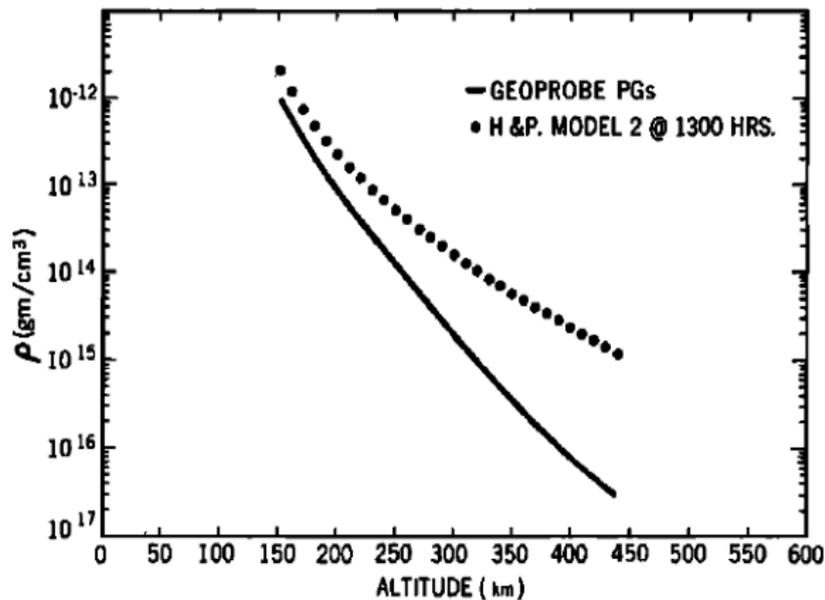
Ecuación de movimiento:

$$\ddot{\vec{r}} = -\frac{\mu}{r^3} \vec{r} + \vec{a}_{def} + \vec{a}_{fre} \quad (2)$$

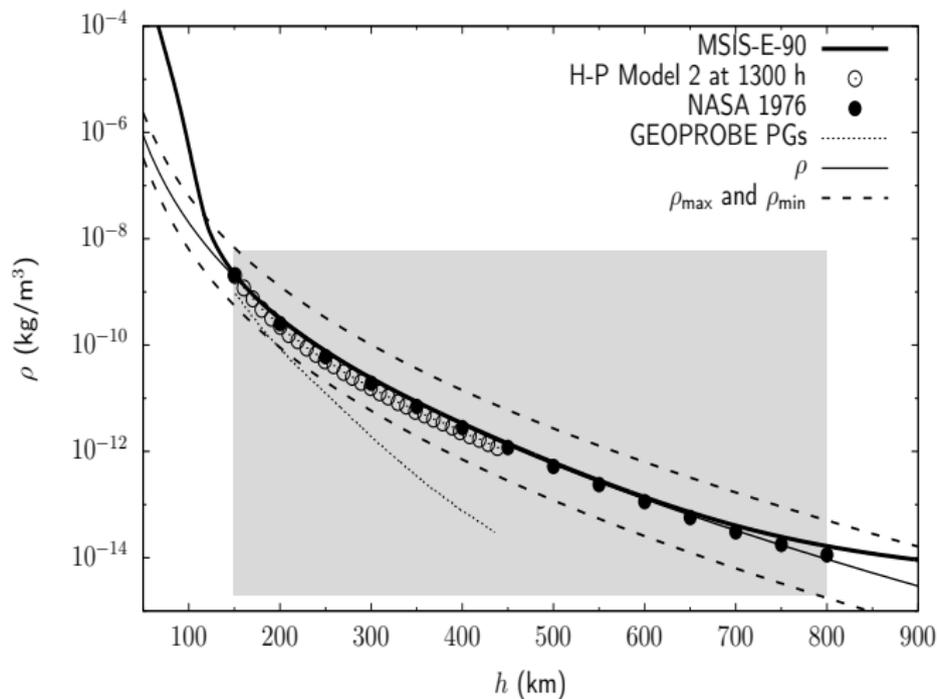
donde:

$$\vec{a}_{def} = -\frac{\vec{\nabla} U_{def}}{m} \quad (3)$$

$$\vec{a}_{fre} = -\frac{1}{2} \frac{\rho A C_f}{m} v \vec{v} \quad (4)$$

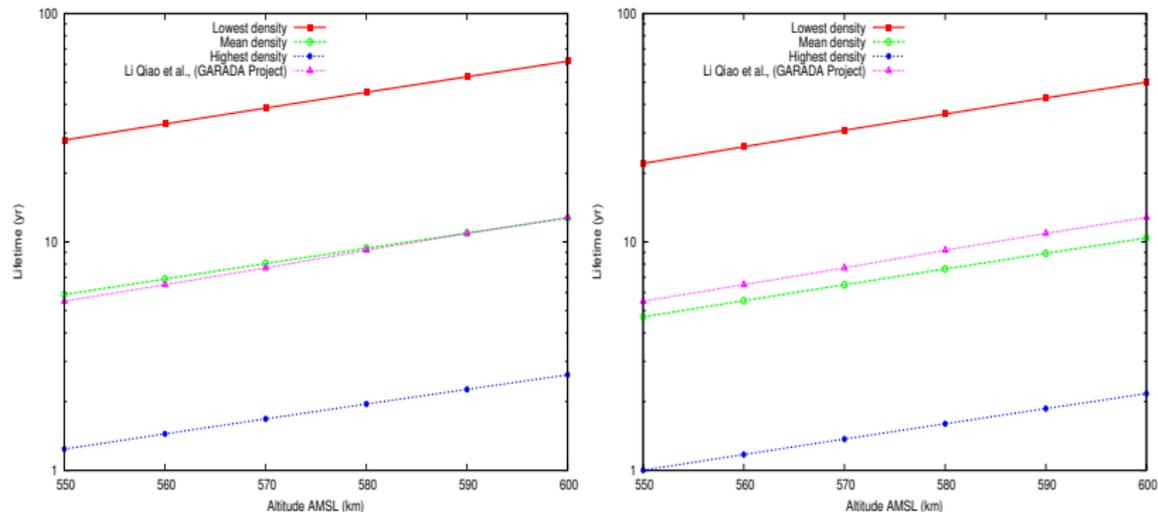


**FIGURA :** Modelos de densidad reportados en Pelz, D, Newton,G, "Midlatitude Neutral Thermosphere Density and Temperature Measurements", Journal of Geophysical Research, 1969.



**FIGURA :** Comparación entre modelos de densidad reportados y la parametrización usada en este trabajo.

# Resultados



**FIGURA :** Comparación de tiempos de vida entre proyecto GARADA vs parametrización. Izquierda: Parametrización con condiciones iniciales de GARADA.

Derecha: Parametrización con condiciones iniciales ecuatoriales.

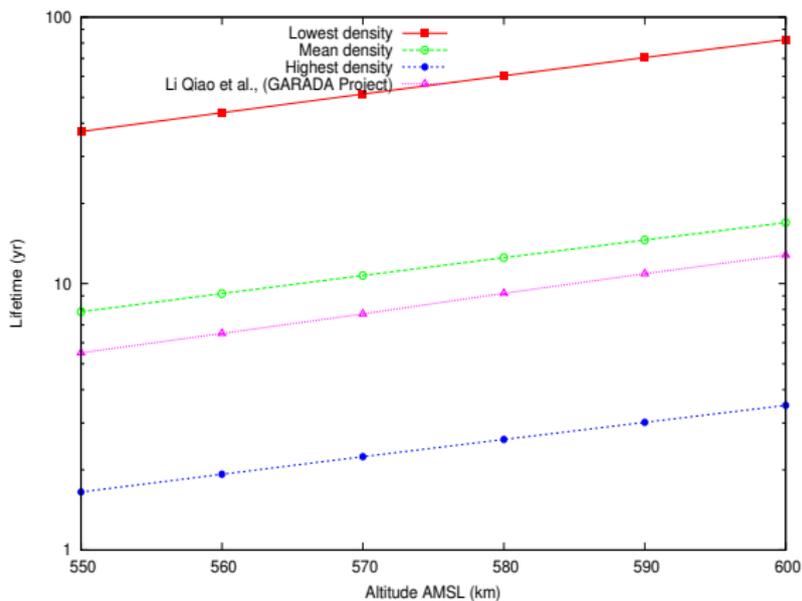
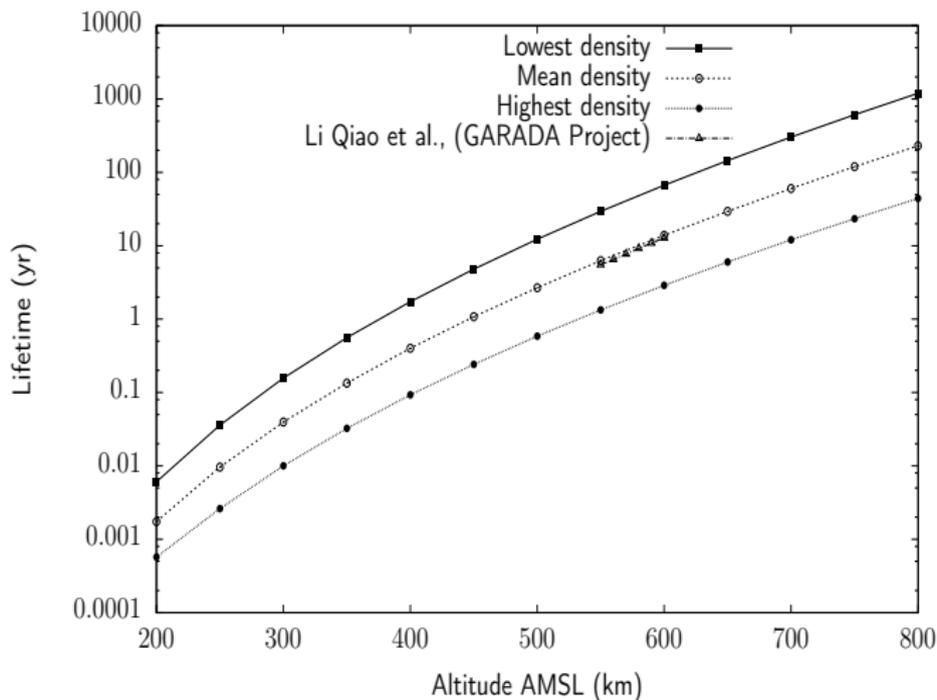
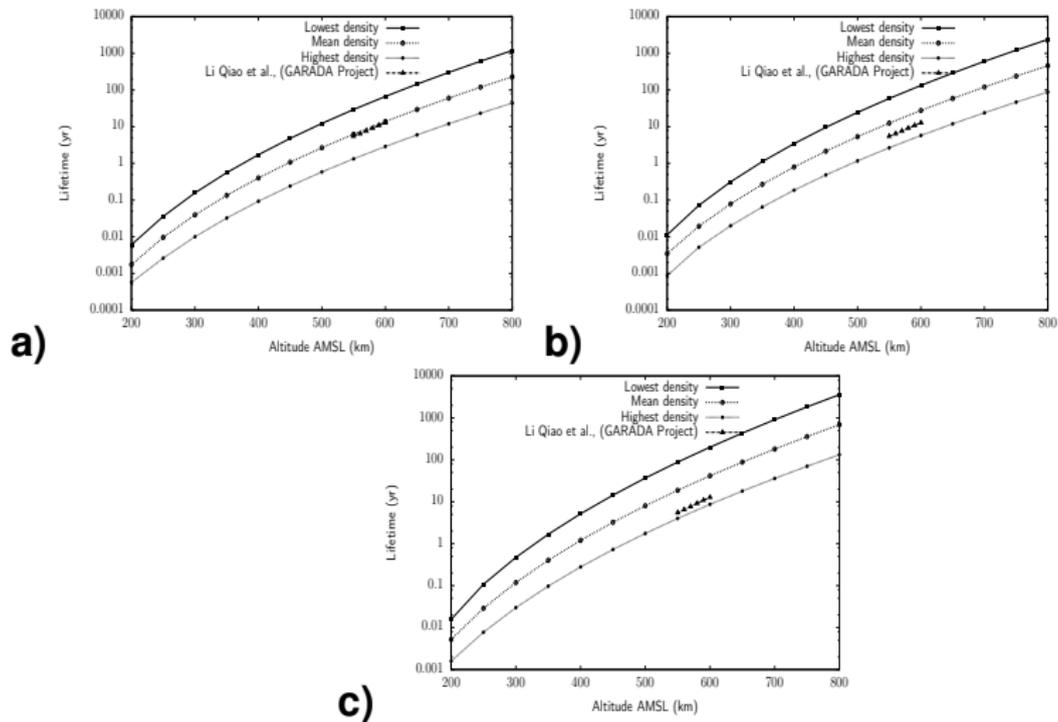


FIGURA : Comparación de tiempos de vida entre el proyecto GARADA y satélite de 1U en órbita ecuatorial



**FIGURA :** Comparación de resultados entre proyecto GARADA y satélite de 1U en órbita ecuatorial



**FIGURA :** Tiempos de vida orbital para satélites de a)1U, b) 2U y c)3U, en órbita ecuatorial.

## Conclusiones

- Se reportan tiempos de vida orbital máximos y mínimos para nanosatélites de 1, 2 y 3 unidades en órbita ecuatorial, para alturas entre los 150 km y 800 km, teniendo en cuenta el intervalo de variación dado en el modelo de densidad usado.

## Conclusiones

- Se reportan tiempos de vida orbital máximos y mínimos para nanosatélites de 1, 2 y 3 unidades en órbita ecuatorial, para alturas entre los 150 km y 800 km, teniendo en cuenta el intervalo de variación dado en el modelo de densidad usado.
- Se usa una parametrización para el modelo de densidad que permite dar un rango de tiempos de vida máximo, medio y mínimo con una diferencia en promedio de un orden de magnitud entre los valores límites.

## Conclusiones

- Se reportan tiempos de vida orbital máximos y mínimos para nanosatélites de 1, 2 y 3 unidades en órbita ecuatorial, para alturas entre los 150 km y 800 km, teniendo en cuenta el intervalo de variación dado en el modelo de densidad usado.
- Se usa una parametrización para el modelo de densidad que permite dar un rango de tiempos de vida máximo, medio y mínimo con una diferencia en promedio de un orden de magnitud entre los valores límites.
- El tiempo de vida orbital aumenta con la masa y disminuye con el área de choque con la atmósfera.

## Conclusiones

- Se reportan tiempos de vida orbital máximos y mínimos para nanosatélites de 1, 2 y 3 unidades en órbita ecuatorial, para alturas entre los 150 km y 800 km, teniendo en cuenta el intervalo de variación dado en el modelo de densidad usado.
- Se usa una parametrización para el modelo de densidad que permite dar un rango de tiempos de vida máximo, medio y mínimo con una diferencia en promedio de un orden de magnitud entre los valores límites.
- El tiempo de vida orbital aumenta con la masa y disminuye con el área de choque con la atmósfera.
- Se propone una parametrización para el modelo de densidad entre 150 km y 800 km de altura que se aproxima satisfactoriamente a la densidad atmosférica reportada por la NASA (1976) y el modelo MSIS-E-90.

## Perspectivas

- Se planea introducir la interacción debida al flujo solar y la interacción de un tercer cuerpo.

## Perspectivas

- Se planea introducir la interacción debida al flujo solar y la interacción de un tercer cuerpo.
- Se planea calcular tiempos de vida para nanosatélites con diferentes orientaciones.

## Algunas Referencias



Qiao L, et al., 2013, 'Satellites orbit design for the Australian Garada project', in Short W; Cairns I (eds.), Proceedings of the 12th Australian Space Conference, National Space Society of Australia Ltd, Sydney, Australia, pp. 261 - 272, presented at 12th Australian Space Conference, Melbourne, Australia, 24 - 26 September 2013,.

## Algunas Referencias



Qiao L, et al., 2013, 'Satellites orbit design for the Australian Garada project', in Short W; Cairns I (eds.), Proceedings of the 12th Australian Space Conference, National Space Society of Australia Ltd, Sydney, Australia, pp. 261 - 272, presented at 12th Australian Space Conference, Melbourne, Australia, 24 - 26 September 2013,.



Pelz, D, Newton,G, "Midlatitude Neutral Thermosphere Density and Temperature Measurements", Journal of Geophysical Research, Space Physics, vol 74, No 1, 1969.

## Algunas Referencias



Qiao L, et al., 2013, 'Satellites orbit design for the Australian Garada project', in Short W; Cairns I (eds.), Proceedings of the 12th Australian Space Conference, National Space Society of Australia Ltd, Sydney, Australia, pp. 261 - 272, presented at 12th Australian Space Conference, Melbourne, Australia, 24 - 26 September 2013,.



Pelz, D, Newton,G, "Midlatitude Neutral Thermosphere Density and Temperature Measurements", Journal of Geophysical Research, Space Physics, vol 74, No 1, 1969.



U.S. Standard Atmosphere, 1976, NOAA, NASA, Washington, 1976.

## Algunas Referencias



Qiao L, et al., 2013, 'Satellites orbit design for the Australian Garada project', in Short W; Cairns I (eds.), Proceedings of the 12th Australian Space Conference, National Space Society of Australia Ltd, Sydney, Australia, pp. 261 - 272, presented at 12th Australian Space Conference, Melbourne, Australia, 24 - 26 September 2013,.



Pelz, D, Newton,G, "Midlatitude Neutral Thermosphere Density and Temperature Measurements", Journal of Geophysical Research, Space Physics, vol 74, No 1, 1969.



U.S. Standard Atmosphere, 1976, NOAA, NASA, Washington, 1976.



Kozay, Y, "New Determination of Zonal Harmonics Coefficients of the Earth's Gravitational Potential", Publication of the Astronomical Society of Japan, Vol 16, No 4, 1964.

***The End***