



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**ALTERNATIVAS PARA LA PUESTA EN MARCHA  
DEL SERVICIO TELEVISIÓN DIRECTA AL  
HOGAR (TDH) OFRECIDO POR CANTV, EN EL  
MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO**

**Autor:**  
Villarroel G. José R.  
C.I: 24.193.852

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: 0241-8714240 (Master)- Fax: (0241)-8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**ALTERNATIVAS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL SERVICIO  
TELEVISIÓN DIRECTA AL HOGAR (TDH) OFRECIDO POR CANTV, EN  
EL MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
**INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**Autor:**  
Villarroel G. José R.  
C.I.: V-24.193.852  
**Tutor:** Ing. Oliger Mendoza

**San Diego, Octubre 2020**



FI-T -002-2020-2CR (TG)

Valencia, 13 de octubre de 2020

Ciudadano:  
Villaruel G., José R.  
24.193.852  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2020 de fecha 28-07-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **ALTERNATIVAS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIRECTA AL HOGAR (TDH) OFRECIDO POR CANTV, EN EL MUNICIPIO SAN DIEGO-ESTADO CARABOBO** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ratifica la designación de la Ing. Oliger Mendoza C.I: 16.775.513 como Tutora Académica que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

**Dra. Zaida Osto**  
**Decana ( E ) de la Facultad de Ingeniería**

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L/a.a.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ing. Oligier Mendoza, titular de la cédula de identidad N° 16.775.513, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano José R. Villarroel G. titular de la cédula de identidad N° 24.193.852, titulado **ALTERNATIVAS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIRECTA AL HOGAR (TDH) OFRECIDO POR CANTV, EN EL MUNICIPIO SAN DIEGO – ESTADO CARABOBO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los veintitrés (23) días del mes de octubre del año dos mil veinte.

**Ing. Oligier Mendoza**  
**C.I.: 16.775.513**

## AGRADECIMIENTOS

*Primeramente, a Dios, por guiarme a culminar esta maravillosa etapa, por darme las fuerzas necesarias para no rendirme y por bendecirme con tan bonita vida.*

*A mis padres **Rafael** y **Luz** a quienes quiero y amo mucho, gracias a ellos me encuentro en donde estoy, gracias por haberme dado la oportunidad de formarme académicamente y hacer de mí, la persona que hoy en día soy, gracias por todo el apoyo que brindaron para iniciar y culminar la carrera, gracias por estar siempre presentes en cada decisión que tome durante la carrera, gracias en especial a mi padre por ser un excelente consejero en la realización metodológica de mi trabajo de grado.*

*A mis hermanos **Railiana** y **Argenis**, por brindarme su apoyo en los momentos necesarios*

*A mi novia **Michelle**, por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas, gracias por darme ánimos en todo momento y por hacer de mi vida cada día más feliz.*

*A todos los profesores de la Universidad José Antonio Páez que formaron parte de mi formación académica, en especial a mi tutora **Ing. Oliger Mendoza**, por guiarme a la realización de este trabajo de grado.*

*Muchas gracias a todos,*

***José Villarroel***

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>

### **CAPÍTULOS**

#### **I EL PROBLEMA**

1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Formulación del Problema .....	4
1.3. Objetivos .....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos .....	4
1.4. Justificación.....	5
1.5. Alcance.....	5
1.6. Limitaciones .....	6

#### **II MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la Investigación .....	7
2.2. Bases Teóricas .....	9
2.2.1. Satélites Artificiales.....	9
2.2.2. Definición de Satélites Artificiales .....	12

2.2.3. Componentes de un Satélite Artificial .....	12
2.2.3.1. Carga útil.....	12
2.2.3.2. Plataforma .....	13
2.2.4. Aplicaciones de los Satélites Artificiales.....	14
2.2.5. Las órbitas satelitales .....	15
2.2.5.1. Conceptos para la determinación de una órbita .....	15
2.2.5.2. Ángulo de elevación y azimut.....	15
2.2.5.3. Clasificación de las órbitas.....	16
2.2.5.4. Cobertura de un Satélite Artificial .....	17
2.2.6. Satélites de Venezuela .....	18
2.2.6.1. VeneSat-1 .....	19
2.2.6.2. VRSS-1 .....	19
2.2.6.3. VRSS-2 .....	20
2.2.7. Bandas de frecuencia .....	21
2.2.8. Topología de una red de TV Satelital .....	22
2.2.9. Ventajas y desventajas de los Satélites .....	23
2.2.10. Componentes de un sistema de telecomunicaciones por satélite.....	23
2.2.11. Enlaces por satélites.....	24
2.2.11.1. Enlace Básico .....	25
2.2.11.2. Pérdidas de enlace .....	27
2.2.11.3. Balance de potencia.....	29
2.2.11.4. Ruido.....	30
2.2.11.5 Relación C/N total del enlace.....	31

2.2.12. Evolución de la Televisión .....	34
2.2.12.1. Televisión Analógica .....	34
2.2.12.2. Televisión Digital.....	35
2.2.12.3. Televisión Digital por Satélite .....	35
2.2.13. Servicio de Televisión Directa al Hogar (TDH).....	36
2.3. Definición de términos básicos .....	37

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1. Tipo de Investigación .....	39
3.2. Diseño de la Investigación.....	39
3.3. Nivel de la investigación .....	39
3.4. Población y muestra .....	40
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	41
3.6. Fases de la Investigación .....	41

### **IV ANALÍISIS DE RESULTADOS**

4.1. Diagnóstico de la situación actual del servicio de TDH que ofrece CANTV al Municipio San Diego – Estado Carabobo. ....	43
4.2. Análisis de las posibles alternativas de conectividad con satélites artificiales: AMC 21, NSS 7, Satmex 6 y Satmex 8.....	49
4.2.1. Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A).....	54
4.2.2. NSS 7 .....	55
4.2.3. Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A).....	56

4.2.4. AMC 21 .....	57
4.3. Diseño de la configuración en tierra necesaria para lograr restablecer el servicio de TDH en el municipio San Diego – Estado Carabobo. ....	58
4.3.1. Posición de la Antena y LNB .....	60
4.4. Evaluación de la factibilidad técnica, operativa, económica, social y ambiental para la puesta en marcha del servicio de TDH en el municipio San Diego – Estado Carabobo. ....	65
4.4.1. Enfoque Técnico .....	65
4.4.2. Enfoque Operativa .....	65
4.4.4. Enfoque Social .....	66
4.4.5. Enfoque Ambiental .....	66
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
1. Cinturón de Clarke .....	10
2. Sputnik I.....	11
3. Cinturones de radiación o de Van Allen .....	11
4. ISS .....	12
5. Esquema de un Transpondedor .....	13
6. Angulo de elevación y azimut.....	16
7. Órbita GEO .....	17
8. Huellas de cobertura satelitales.....	18
9. VeneSat-1 .....	19
10. VRSS-1 .....	20
11. VRSS-2 .....	21
12. Topología de una red de TV Satelital .....	23
13. Lóbulo principal y secundarios .....	27
14. Parámetros que modifican la potencia del enlace en un trayecto.....	30
15. Tres elementos de una cadena de recepción. ....	31
16. Transmisión Analógica .....	35
17. Huella VeneSat-1 .....	44
18. Órbita Elíptica.....	44
19. Posición de la Antena orientada al Star One C4 .....	49
20. Posición del LNB Star One C4 .....	49
21. Satélite Artificial Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A).....	54
22. Huella Banda Ku de Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A).....	54
23. Satélite Artificial NSS 7.....	55
24. Huella Banda Ku de NSS 7.....	55
25. Satélite Artificial Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A).....	56
26. Huella Banda Ku de Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A).....	56
27. Satélite Artificial AMC 21 .....	57
28. Huella Banda Ku de AMC 21 .....	57
29. Posición de la Antena orientada al VeneSat-1 .....	60
30. Posición del LNB VeneSat-1 .....	60
31. Posición de la Antena orientada al Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A) .....	61
32. Posición del LNB Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A).....	61
33. Posición de la Antena orientada al NSS 7.....	62
34. Posición del LNB NSS 7.....	62
35. Posición de la Antena orientada al Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A) .....	63

36. Posición del LNB Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A).....	63
37. Posición de la Antena orientada al AMC 21 .....	64
38. Posición del LNB AMC 21 .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
1. Bandas de frecuencias para las comunicaciones por Satélites .....	22
2. Lista de cálculo de enlace .....	32
3. Lista de cálculo de enlace ascendente .....	33
4. Lista de cálculo de enlace descendente .....	33
5. Lista de Frecuencias de Cobertura de las Bandas usadas por TDH.....	45
6. Satélite Artificial Star One C4 .....	47
7. Conexión de TDH con el Star One C4.....	48
8. Satélites Artificiales Venezolanos .....	51
9. Satélites Artificiales Elegibles .....	52
10. Conexión de TDH con el VeneSat-1.....	53
11. Conexión TDH con Satélites Artificiales Elegibles.....	53



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**ALTERNATIVAS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL SERVICIO DE  
TELEVISIÓN DIRECTA AL HOGAR (TDH) OFRECIDO POR CANTV, EN  
EL MUNICIPIO SAN DIEGO – ESTADO CARABOBO**

**Autor:** Villarroel. G. José R.

**Tutor:** Ing. Oliger Mendoza.

**Fecha:** Junio 2020.

**RESUMEN**

En la actualidad, las comunicaciones por satélites artificiales (SA) son fundamentales para el ser humano, ya que mejoran la calidad de vida del ser humano y sus comunicaciones, se puede observar que el satélite venezolano VeneSat-1 se encuentra fuera orbita, ocasionando múltiples fallas. Es por ello que el presente trabajo de investigación consiste en proponer alternativas para la puesta en marcha del servicio TDH en el municipio San Diego, con la finalidad de realizar la configuración necesaria en Tierra, atendiendo las necesidades de los usuarios en dicho municipio. Para alcanzar los objetivos planteados se propone estudiar un conjunto de satélites artificiales los cuales poseen las características necesarias para transmitir en todo el territorio nacional y lograr poner en marcha el servicio TDH en el municipio San Diego. Adicionalmente, el tipo de investigación es documental y con nivel de investigación descriptiva. Y la población está representada por 1957 SA en órbita y la muestra está conformada por 6 SA que serán analizados para lograr los objetivos.

**Descriptor:** Satélites Artificiales, Orbitas Satelitales, Televisión Directa al Hogar (TDH).

## INTRODUCCIÓN

La humanidad siempre ha buscado formas más rápidas, pero también más eficientes cuando se trata de las comunicaciones a distancia, es por ello que hoy día las comunicaciones por satélites artificiales juegan un papel sumamente importante en los medios de comunicación y es una pieza clave en la vida cotidiana de la humanidad, ya que a través de ellas se logra la transmisión de señales a distancia de manera inalámbrica. En efecto, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad proponer alternativas para la puesta en marcha del servicio TDH, ofrecido por la empresa CANTV a través del satélite venezolano VeneSat-1 (Satélite Simón Bolívar) ya que el mismo se encuentra fuera de órbita.

En consecuencia, este trabajo será desarrollado bajo un diseño de investigación descriptiva. Adicionalmente, este anteproyecto se encuentra estructurado de la siguiente manera: Capítulo I, donde se expone el problema objeto de la investigación, el objetivo principal, los objetivos específicos y la justificación por el cual el proyecto se debe llevar a cabo. Del mismo modo, se dará a conocer el alcance y las limitaciones que tendrá el proyecto. Capítulo II, donde se hace referencia a investigaciones previas que guardan relación con el tema de investigación, el soporte teórico que avale el desarrollo teórico de la investigación. Capítulo III, se presenta la metodología que se empleará para el desarrollo de dicho proyecto con un tipo de investigación documental, transversal y nivel de investigación descriptiva, y se especificarán los métodos utilizados para recolectar y analizar la información. Capítulo IV, denominado “Análisis de Resultados” se desarrollaron los 4 objetivos específicos, también llamado como fases de investigación, haciendo posible dar 4 alternativas de satélites artificiales para poner en marcha el servicio TDH. Y, por último; se presenta las referencias bibliográficas como soporte y apoyo a la investigación.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del Problema

Hoy día y finales de la segunda década del siglo XXI los satélites artificiales siguen siendo para el hombre una alternativa para la satisfacción de sus necesidades en materia de comunicación. Los satélites artificiales de comunicaciones son un medio para emitir señales de voz y datos desde cualquier lugar del planeta tierra a otro lugar muy lejano de miles de kilómetros de distancia en donde el hombre desee comunicar haciendo uso de enormes antenas suspendidas del cielo. En efecto, los mismos fueron desarrollados como respuesta a distintos problemas o necesidades del hombre en el siglo XX y se continúa buscando esas oportunidades que ofrecen este medio para mejorar la calidad de vida del ser humano y sus comunicaciones.

El uso de esta tecnología se remonta a mediados del siglo XX, es decir, los satélites artificiales nacieron durante la guerra fría de 1953 – 1962, que se llevaba a cabo entre los Estados Unidos de América y La Unión Soviética, los cuales pretendían llegar a la luna y, por otro lado, lanzar un satélite a la órbita espacial. Por lo tanto, el primer satélite artificial enviado al espacio fue el *Sputnik I*, el cual fue lanzado el 4 de octubre de 1957, marcando con ello un antes y después de la carrera espacial, logrando que la Unión Soviética, se adelantara a Estados Unidos en dicha carrera. Al momento de colocarse exitosamente dicho satélite artificial, emitió señales radiales en forma de pitidos, demostrando un éxito por parte de los científicos soviéticos.

Es así como en 1958 Estados Unidos puso en órbita su primer satélite artificial, llamado, el *Explorer I*, cuya misión era medir los rayos cósmicos, de esta manera logrando un descubrimiento de los cinturones de Van Allen. En 1960, Estados Unidos lanzo otro satélite llamado *TIROS I*, fue el primer satélite en colocarse de manera exitosa para la observación del tiempo. En 1962 se lanzó el primer satélite de comunicaciones activos, el *Telstar I*, siendo el primer enlace de Televisión

Internacional. Entonces, teniendo en cuenta, los avances tecnológicos y los constantes lanzamientos de los satélites artificiales, Venezuela no se queda atrás y entra a la lista de países con 3 satélites en órbita los cuales son: VeneSat-1, VRSS-1 y VRSS-2; los cuales fueron lanzados en el 2008, 2012, y 2017 respectivamente.

El Satélite *VeneSat-1 (Satélite Simón Bolívar)*, basado en la plataforma *DHF-4*, es una red satelital de telecomunicaciones, que consta de servicios de Voz, Datos y Video, que le permite al país interconectar a todo el territorio nacional e inclusive a gran parte de Centro América sin México y toda Suramérica sin los extremos sur de Chile y Argentina. El lanzamiento se llevó a cabo el 28 de octubre de 2008 desde el Centro Espacial de Xichang, Provincia de Sichuan, China y el 29 de octubre del mismo año fue colocado en órbita exitosamente, en órbita geoestacionaria (GEO), no obstante, el satélite artificial entro en servicio en enero del 2009. En tal sentido, el satélite *VRSS-1 (Satélite Miranda)*, fue lanzado el 29 de septiembre del 2012 desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de JiuQuan (JSLC), China. Siendo el primer satélite de percepción remota o teledetección óptica de Venezuela, operando en una Órbita Solar Sincrónica (SSO) o Heliosíncronas.

Finalmente, el Satélite *VRSS-2 (Satélite Antonio José de Sucre)*, es el tercer satélite venezolano en órbita y el segundo de teledetección óptica de Venezuela. Fue lanzado, el 6 de septiembre del 2017 desde JSLC donde se colocó en una órbita SSO. Por lo tanto, el satélite *Simón Bolívar (VeneSat-1)*, el 13 de marzo de 2020 tuvo un cambio de orbita significativo, pero el 24 de marzo del mismo año fue dado por perdido y fuera de servicio. Según las observaciones del telescopio de ExoAnalytic, ubicado en Pennsylvania, Estados Unidos, lo que imposibilita seguir prestando los servicios de los cuales aproximadamente 704.801 suscriptores al servicio de la Televisión satelital ofrecido por la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV), según estadísticas al cierre de 2016.

Es por ello, que el satélite se debe mantener en óptimas condiciones y ubicado en su órbita, ya que, al haber un cambio de orbita como lo sucedido con el Satélite Simón Bolívar, los suscriptores dejan de disfrutar del servicio, traducándose en el

deterioro del medio de comunicación al alcance de la población, región, o nación y por ende una disminución en su nivel de desarrollo. En atención a la situación del problema descrito anteriormente, se pretende afrontar con este trabajo de investigación para buscar alternativas que permitan técnicamente reestablecer el servicio de Televisión Directa al Hogar (TDH) ofrecida por la empresa CANTV a través del satélite Simón Bolívar evaluando la factibilidad técnica de compatibilidad entre los satélites artificiales venezolanos (*VeneSat-1*, *VRSS-1* y *VRSS-2*). Los satélites *VRSS-1* y *VSRR-2* son satélites meteorológicos de órbita baja, es decir no son satélites artificiales de telecomunicaciones, al no estar en órbita geoestacionaria la antena en tierra debe seguir el cambio de posición del satélite y la sombra de cobertura de estos satélites artificiales meteorológicos pasa por sector por no más de 45 minutos seguido y los hace máximo 2 o tres veces al día dependiendo de su velocidad orbital.

## **1.2. Formulación del Problema**

El servicio de TDH ofrecida por la empresa CANTV es de vital importancia para los residentes y usuarios del municipio San Diego – Estado Carabobo. Por consiguiente, se aborda este caso de estudio para dar respuesta a:

¿Cómo se puede mejorar el servicio de Televisión Directa al Hogar (TDH) ofrecido por CANTV, en el municipio San Diego – Estado Carabobo?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Proponer alternativas para la puesta en marcha del servicio Televisión Directa al Hogar (TDH) ofrecido por CANTV, en el municipio San Diego - Estado Carabobo.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual del servicio de TDH que ofrece CANTV al Municipio San Diego – Estado Carabobo.
- Analizar las posibles alternativas de conectividad con satélites artificiales: AMC 21, NSS 7, Satmex 6 y Satmex 8.

- Diseñar la configuración en tierra necesaria para lograr reestablecer el servicio de TDH en el municipio San Diego – Estado Carabobo.
- Evaluar la factibilidad técnica, operativa, económica, social y ambiental para la puesta en marcha del servicio de TDH en el municipio San Diego – Estado Carabobo.

#### **1.4. Justificación**

Los satélites artificiales, tienen como finalidad, transmitir señales de Voz, Datos y Video a la población según sea su misión a cumplir, una de ellas es la TDH, lo cual logra que la población suscripta a este servicio pueda gozar de una amplia información educativa que ayude al desarrollo ciudadano y a la concientización en diferentes áreas tecnológicas que son transmitidas por el Satélite artificial. Igualmente, el uso de esta tecnología permitirá brindar opciones y/o alternativas que mejoren la rentabilidad de los accionistas, trabajadores y comunidad para garantizar la mayor satisfacción del servicio de televisión satelital prestado y/o recibido bajo un ambiente de conformidad y lealtad.

Por otro lado, como aporte al conocimiento, este estudio viene a fortalecer y enriquecer el uso de los Satélites Artificiales como alternativa para el desarrollo de las empresas dedicadas a las comunicaciones (CANTV) y con un mayor alcance en el proceso de comunicación, en donde el hombre busca divulgar en tiempo real sus ideas, aclarar sus interrogantes y saber sobre el acontecer local, nacional e internacional vía señal TV. En tal sentido, se puede decir que la importancia de la elaboración de esta investigación consiste en lograr los ajustes necesarios, haciendo uso de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria, para devolverle a la comunidad y/o habitantes del municipio San Diego el servicio de TDH, adicionalmente lograr afianzar los conocimientos que puedan ser usados para futuros trabajos de investigación con respecto a los satélites artificiales para solventar problemas de una población, comunidad y/o interesados.

#### **1.5. Alcance**

La siguiente investigación se encuentra orientada en lograr la configuración necesaria en los equipos en tierra para restablecer el servicio de TDH, ofrecido por CANTV a los habitantes del municipio San Diego del estado Carabobo (Venezuela).

#### **1.6. Limitaciones**

De acuerdo con el avance de esta primera etapa del proyecto, no se han presentado ninguna limitación que no sea superada, sin embargo, en el transcurso del desarrollo del trabajo, serán documentada las limitaciones presentadas y se espera poder continuar con el apoyo de la Universidad y de los profesores de las materias con afinidad al trabajo o tema de investigación para lograr los objetivos perseguidos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

Como soporte y apoyo de la investigación que hoy se tiene como norte; a continuación, se hace referencia a los siguientes trabajos de investigación. En primer lugar, se consultó un proyecto que fue presentado por Andrango (2006) en la Escuela Politécnica Nacional, Quito, el cual tiene como título **“Implementación de Internet Satelital en una Oficina”** como requisito para optar el título de Tecnólogo en Electrónica y Telecomunicaciones. La investigación es un estudio de las comunicaciones vía satélite, aplicaciones, partes y usos del satélite artificial, con la finalidad de realizar el desarrollo del diseño e implementación de Internet satelital en la empresa Microinformática Cia. Ltda. Usando como enlace de comunicación al satélite Satmex 5.

El proyecto inicio con una recopilación de información sobre los satélites artificiales, se muestran las aplicaciones con sus ventajas y desventajas, además, se hace referencia a las diferentes antenas a utilizar, las cuales una vez obtenidas e identificadas se procederá al desarrollo del diseño e implementación del servicio Internet satelital. Adicionalmente, se muestra los pasos a seguir para la realización de la implementación. El autor concluyó recomendando que el ángulo de elevación de la antena receptora es el primer ajuste que se debe realizar, con respecto al montaje de las antenas satelitales se recomienda instalarlas libres de obstáculos o conductores metálicos cercanos, que puedan deformar la forma espacial del diagrama de captación direccional de cada antena.

Es por ello que esta implementación sirve de guía para el caso de estudio del servicio de la Televisión Directa al Hogar, ya que se muestra como se realiza un enlace satelital y la forma correcta en que se debe instalar una antena receptora para captar la señal retransmitida por el satélite artificial.

También se consultó el trabajo de grado que fue presentado por Monroy (2013) realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México titulado **“Experiencias de las Universidades en el desarrollo de pequeños satélites”** para optar por el título de Ingeniero en Telecomunicaciones. Donde inicialmente, describe la estructura básica de un satélite artificial, luego se establece la estructura general de un satélite artificial, gracias a los avances tecnológicos ha sido posible reducir el tamaño de los satélites artificiales hasta llegar a estándares de construcción de pequeños SA, así como lo es el CubeSat para la construcción de satélites artificiales pequeños dentro de las universidades, identificando todos los subsistemas de comunicaciones también conocido como carga útil, siendo posible la construcción de estos satélites artificiales con los sistemas básicos de un satélite de comunicaciones a un costo accesible para las universidades.

Esta investigación servirá como guía, ya que aporta conocimientos sobre la estructura y los componentes que posee un satélite artificial, debido a la gran importancia que obtuvo la UNAM al estar involucrada con empresas del sector espacial que amplia experiencia en el campo.

En esta misma labor de investigación y consulta se encontró el trabajo de grado presentado por Jiménez (2015) realizado en la Universidad de Valladolid titulado **“Estudio de las perturbaciones de las orbitas de los satélites artificiales”** como requisito para optar por el título de Física. El trabajo se centra en predecir los comportamientos de la trayectoria de un satélite artificial durante toda su trayectoria, con el uso de herramientas de cálculo matemático y la física computacional para su simulación, con la intención visualizar el movimiento que realiza un satélite artificial alrededor de la tierra cuando es modificado por elementos como la atmosfera o la radiación solar que pueden ser causantes de la perturbación de su movimiento original.

Esta investigación, podría presumir que las perturbaciones si afectan al movimiento de un satélite artificial que orbita alrededor de la Tierra, donde se puede observar que la perturbación que predomina es el rozamiento atmosférico y la gravitatoria, es por ellos que un satélite artificial que esté orbitando encima de los polos

no esté sometido al mismo potencial que un satélite artificial que orbite encima del ecuador, por lo tanto, esta investigación sirve como guía porque hace referencia sobre los múltiples elementos que pueden causar una perturbación de la órbita durante el trayecto de un satélite.

Finalmente, se consultó un último estudio que fue presentado por Centeno (2016) realizado en la Universidad Autónoma de México titulado **“Análisis para el uso de satélites en la banda Ka en México”** para optar por el título de Ingeniero en Telecomunicaciones. El trabajo tiene como objetivo la elaboración de un análisis sobre los requerimientos y parámetros importantes para la implementación de un sistema de comunicaciones satelitales para la región de México, realizando una comparación entre las ventajas y desventajas al trabajar con un sistema de banda Ka con respecto a otras bandas, además de realizar una configuración de un satélite artificial en la banda anteriormente mencionada, estudiando los posibles efectos de atenuación de la señal de información. En el cual, se concluye el uso de las antenas de los satélites artificiales pueden ser fijas ya que, se trata para el uso de un servicio fijo, además de realizar una reducción en la brecha digital para las zonas sin acceso a la infraestructura cableada.

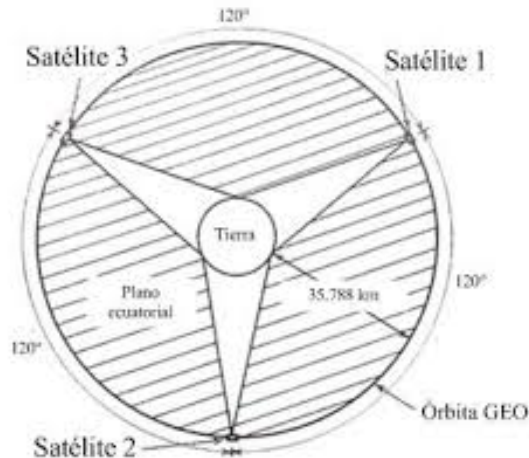
Este trabajo guarda relación con la presente investigación, ya que, vendría a ser una extensión o enriquecimiento del aporte realizado por Centeno (2016). El enriquecimiento sería, lograr identificar las posibles alternativas de satélites y alcanzar reestablecer el servicio de Televisión Directa al Hogar (TDH) para este caso de estudio.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Satélites Artificiales**

Los satélites artificiales poseen una historia corta, SEGÚN Clarke (1945), menciona la propuesta de eliminar todos los cables de telefonía y a su vez instalar 3 estaciones espaciales o satélites artificiales de comunicaciones, con la capacidad de cubrir toda la superficie terrestre, como se muestra en la Figura 1, esta idea era realmente muy buena, sin embargo, se debían cumplir una serie de requerimientos para lograr una comunicación satelital exitosa, teniendo en cuenta que los satélites debían desplazarse en el mismo sentido que gira la Tierra completando una vuelta en 24 horas

asumiendo una distancia desde la tierra de aproximadamente 36.000 Km. Es por ello que sirvió como base para el uso de la órbita geostacionaria, muchas veces también conocida como órbita de Clarke.



**Figura 1. Cinturón de Clarke**  
*Fuente: Comunicaciones por Satélite, ACTA*

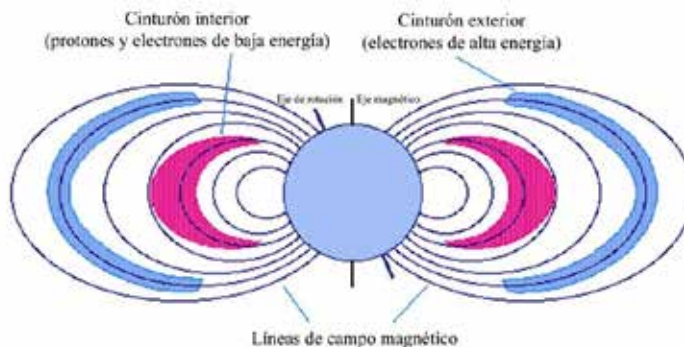
El uso de los satélites artificiales fue inspirado por la guerra fría entre la Unión Soviética (URSS) y los Estados Unidos. El primer satélite lanzado al espacio fue el *Sputnik I*, enviado por la URSS en 1957 (Ver Figura 2), fue puesto en una órbita elíptica y de baja altura, detectándose las primeras señales radioeléctricas de telemetría, este proyecto marco el inicio de los satélites artificiales de comunicaciones, sin embargo, tuvo un funcionamiento de 21 días, pero a finales de ese mismo año fue lanzado el *Sputnik II* el cual estuvo 162 días en órbita, siendo el primer satélite tripulado donde iba la famosa perra Laika. Luego, en 1961 fue lanzado el *Vostok I*, el segundo satélite tripulado y el primero tripulado por un ser humano el ruso Yuri Gagarin.



**Figura 2. Sputnik I**

*Fuente: Comunicaciones por Satélite, ACTA*

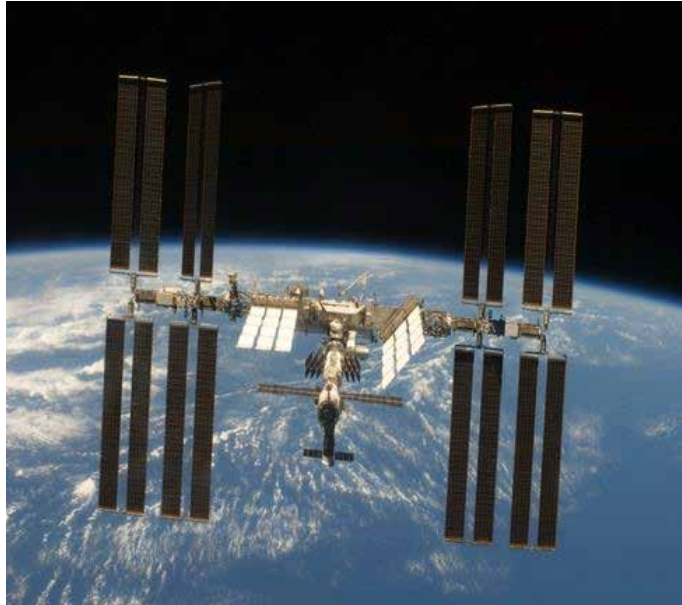
En cambio, los Estados Unidos (EEUU) puso en órbita en 1958 su primer satélite llamado *Explorer I* creado por la NASA, con el cual se descubrieron los cinturones de Van Allen, como se muestra en la Figura 3. En 1962 se lanzó el *Telstar I*, fue el primer satélite con la capacidad de transmitir y recibir simultáneamente señales de televisión entre Estados Unidos y Europa.



**Figura 3. Cinturones de radiación o de Van Allen**

*Fuente: Comunicaciones por Satélite, ACTA*

No obstante, el satélite artificial más grande hasta la fecha construido es la Estación Espacial Internacional (ISS), donde varios países colaboradores para su elaboración, es importante mencionar que fue ensamblado en el espacio (Figura 4). La ISS mide 108 metros de largo y 88 metros de ancho, orbitando alrededor de la Tierra a unos 360 Km de altitud.



**Figura 4. ISS**

*Fuente: Comunicaciones por Satélite, ACTA*

### **2.2.2. Definición de Satélites Artificiales**

Se podría iniciar con la definición de un satélite artificial. “Los satélites artificiales son unos elementos con un peso de algunas toneladas. La rotación que ejercen alrededor de la Tierra genera una fuerza centrífuga que evita su caída a pesar de la gravedad, manteniéndolos en órbita.” (Huidobro, 2010 p.114). Es decir, que los satélites artificiales son todos aquellos elementos enviados por el ser humano que giran alrededor de la Tierra y/u otro planeta.

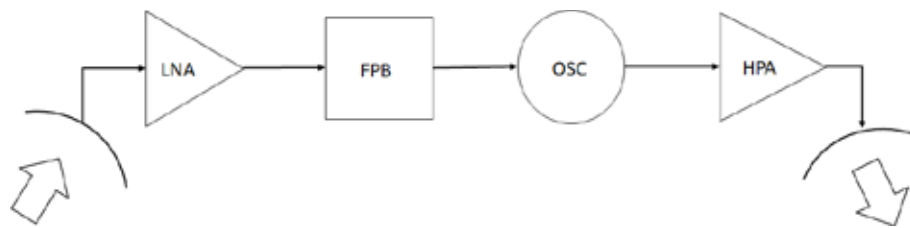
### **2.2.3. Componentes de un Satélite Artificial**

Básicamente los componentes se constituyen de dos tipos principales, los cuales se encargan del buen funcionamiento del satélite comúnmente denominado la plataforma y de las radiocomunicaciones del satélite, llamada la carga útil del satélite.

#### **2.2.3.1. Carga útil**

Esta se encarga de la recepción de señales de radiofrecuencia naturales y/o artificiales, En el interior las señales son separadas por grupos, donde se amplifican y son procesadas, luego se traslada a una frecuencia más baja donde nuevamente esta es

amplificada y reagrupadas para ser entregada a las antenas y ser retransmitidas a la Tierra a través de la antena transmisora. Los grupos que son mencionados anteriormente son denominados como los transpondedores, los cuales son un dispositivo que forma parte del satélite y realizan la función de repetir las señales que son enviadas desde las estaciones terrenas y las transforman en señales apropiadas para las transmisiones de retorno, empleando para ello canales de radiofrecuencia de banda ancha diferentes para el tramo de subida y el de bajada, este dispositivo recoge la señal con la antena receptora y es amplificada por un LNA (Amplificador de bajo ruido), es decir, incrementa la señal sin permitir el ruido, la cual es enviada a un filtro Pasa Banda (FPB) para realizar la eliminación de señales que no pertenecen a la señal original, luego pasa por un convertidor de frecuencia o un oscilador de frecuencia (OSC) reduciendo la señal a la frecuencia de bajada para finalmente ser pasada por un amplificador de alta potencia (HPA), como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5. Esquema de un Transpondedor**

*Fuente: Villarroel (2020)*

Sin embargo, a veces suelen ser unos repetidores simples que amplifican y trasladan su frecuencia, así como también pueden llegar a ser más complejos, con funciones adicionales como, por ejemplo: La modulación, la detección de señales, remodulación y multiplexación. Cada transpondedor tiene a su vez varios canales, que pueden ser usados específicamente para la telefonía, datos, TV, entre otros.

### **2.2.3.2. Plataforma**

En ella se encuentran todos los subsistemas que forman parte del satélite tales como:

- **Subsistemas de energía eléctrica:** En este subsistema se controla el suministro de electricidad con niveles de voltaje y corriente, mediante paneles solares o baterías recargables.
- **Subsistemas de control térmico:** Donde se regula la temperatura de los equipos del satélite.
- **Subsistemas de propulsión:** Realiza la corrección de la posición y orientación del satélite mediante incrementos de velocidad.
- **Subsistemas de posición y orientación:** Es el encargado de estabilizar el satélite en la órbita.
- **Subsistemas de estructura:** Básicamente es la rigidez de la plataforma y es donde se encuentran alojados todos los equipos que componen un satélite artificial.
- **Subsistemas de telemetría:** Es donde se realizan los intercambios de información con el centro de control del satélite para su teleoperación y realizar un monitoreo del correcto funcionamiento del satélite. Trabaja con frecuencias que están en el rango de 1 a 1,5 GHz, comienza a ser utilizado desde que el satélite es lanzado, además utiliza antenas omnidireccionales, es decir no está fija apuntando a la tierra, ya que se encuentra en rotación.

#### **2.2.4. Aplicaciones de los Satélites Artificiales**

Con respecto a las aplicaciones de los satélites artificiales actualmente se han registrado varias de ellas como menciona Luque (2013) en la revista de comunicaciones por satélite, a pesar de que, en los inicios de los satélites artificiales principalmente estuvieron enfocados en las áreas de las comunicaciones militares, actualmente son empleados en múltiples aplicaciones, basadas en la recepción, almacenamiento y en el reenvío de las señales de información. Sin embargo, también se pueden encontrar otras aplicaciones, tales como, astronómicos, meteorológicos, de navegación, de observación o espías entre otros muchos ejemplos según sea su órbita. Hay que destacar una de las aplicaciones de los satélites artificiales como el uso de la Televisión Digital

por Satélite, donde las antenas de los usuarios son diseñadas para que estas tengan un tamaño y precio accesible.

### **2.2.5. Las órbitas satelitales**

En relación con las orbitas en la que se encuentre el satélite dependerá del servicio prestado para el cual fue diseñado, y del mismo modo el tamaño de la antena necesario para que pueda captar las señales con una intensidad apta o adecuada.

#### **2.2.5.1. Conceptos para la determinación de una órbita**

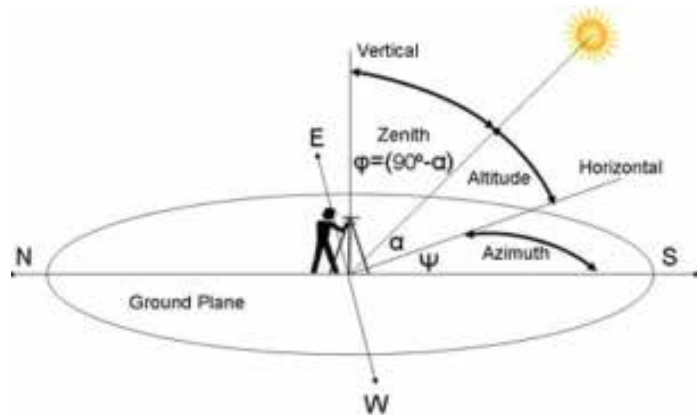
Una órbita es una trayectoria que describe el satélite, en relación a una referencia dada, bien sea por la influencia del centro de gravedad de el mismo u otro objeto espacial inclusive por la fuerza gravitacional. Además, hay que mencionar que el satélite artificial puede permanecer en la misma orbita durante un largo tiempo debido a que la fuerza de gravedad de la Tierra contrarresta la fuerza centrífuga. La revolución o periodo orbital de un satélite no es más que el intervalo de tiempo que transcurre en dar una vuelta alrededor de la Tierra. Del mismo modo, la inclinación de una órbita, viene dada por el ángulo que forma el plano de la órbita del satélite con respecto al plano principal como lo es el ecuador terrestre.

Para lograr determinar la posición de un satélite artificial en cualquier instante de tiempo, es necesario saber la órbita respecto a un sistema de referencia, del mismo modo se necesita saber su centro de gravedad sobre la misma, donde se necesita conocer su altitud, latitud y longitud. Finalmente, para conocer la posición de un satélite y tener una colocación de la antena receptora de manera correcta, es necesario determinar el ángulo de elevación y el ángulo de acimut o azimut, ya que ambos dependen de la posición terrena, así como también de la posición del satélite en órbita (latitud y longitud).

#### **2.2.5.2. Ángulo de elevación y azimut**

El ángulo que está formado por el eje horizontal y la dirección de una onda emitida desde una antena de la estación terrena hacia el satélite se le conoce como ángulo de elevación. Dicho ángulo acepta un ángulo de elevación mínimo de  $5^\circ$  y un máximo error de  $0,2^\circ$ , es decir, que mientras menor sea el ángulo de elevación, la

distancia de la onda propagada para atravesar la atmosfera será mayor, provocando unas significativas pérdidas por absorción. Con respecto al ángulo de azimut, es el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena, dicho de otra manera, es el ángulo que se debe girar la antena desde el polo norte magnético hacia el este u oeste como se muestra en la Figura 6, hasta lograr conseguir una máxima señal del satélite o hasta ubicarse en la línea del satélite.



**Figura 6. Angulo de elevación y azimut**

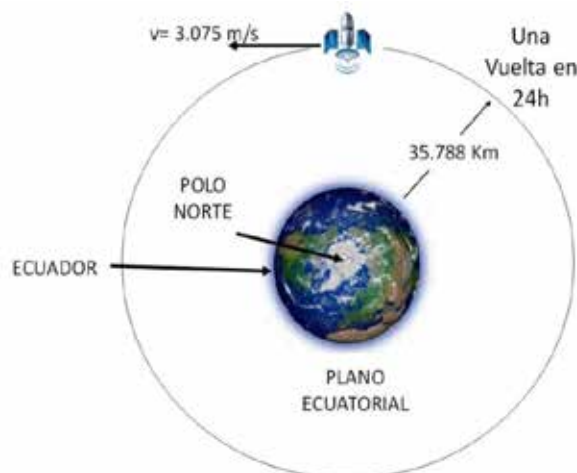
*Fuente: <https://elblogdelinstalador.com/energetica-y-geometria-solar/>*

### 2.2.5.3. Clasificación de las órbitas

- **Órbita Geoestacionaria (GEO):** Los satélites orbitan sobre el plano del ecuador terrestre a una altitud de 35.788 Km con una inclinación de cero grados ( $0^\circ$ ) con una velocidad de 3.075 m/s, como se muestra en la Figura 7. Cabe destacar que a esta altitud el satélite tiene un periodo de rotación de 24 horas, es decir, los satélites que se encuentren en dicha orbita, parecen inmóviles en el cielo, además según Peredo (2004) menciona que “Un solo satélite GEO puede tener una cobertura del 43% de la superficie de la Tierra”, es por ello que la órbita geoestacionaria es ideal para los satélites destinados a las telecomunicaciones y meteorología.
- **Órbita Media (MEO):** La órbita terrestre media, también conocida como orbita circular intermedia, se encuentra a una altura entre los 10.000 y 20.000 km, con una inclinación de cincuenta grados ( $50^\circ$ ), además tiene un periodo

aproximado de 6 horas en realizar todo su recorrido. Su posición relativa respecto a la superficie no es fija, ya que se desplazan a gran velocidad.

- **Órbita Baja (LEO):** Generalmente se encuentran por debajo de los 5.000 km, pero la gran mayoría se encuentran más cerca de la superficie de la Tierra entre 500 y 1.600 km, con una inclinación de noventa grados ( $90^\circ$ ), la zona cubierta cambia cada 20 minutos.
- **Órbita Heliosíncronas (SSO):** Es aquella que permite que un satélite que se encuentre en ella pase todos los días, a la misma hora, sobre un lugar específico requerido, dicho de otra manera, esto se logra controlando la precesión de la órbita de tal modo que se ajusta de manera sincrónica a la posición del sol durante todo el año. Se debe resaltar que esta es un tipo de orbita que típicamente permite que el satélite aparezca al amanecer o al atardecer sobre un punto específico o que pasen por el ecuador justo al mediodía o a medianoche. Dicha orbita es utilizada para la observación y exploración terrestre y en algunos casos para la meteorología.



**Figura 7. Órbita GEO**

*Fuente: Comunicaciones por Satélite, ACTA Villarroel (2020)*

#### 2.2.5.4. Cobertura de un Satélite Artificial

Las zonas de cobertura suelen ser representadas por las huellas (footprints) de un satélite como se muestra en la Figura 8, donde se visualizan los patrones de radiación producida por la antena en los puntos de la superficie terrestre, además se utilizan curvas de nivel para la indicación de los diferentes valores de la potencia de radiación, se representan en unidades de potencia (dBW) como describe Rosado (2000) en el libro Comunicación por Satélite. Sin embargo, esta cobertura geográfica puede ser afectada por varios factores como la altitud y el tipo de orbita donde se encuentre ubicado el satélite artificial, la potencia de la radiación, inclinación del mismo, entre otras. Adicionalmente, se define la zona de captación de una estación terrenal como la zona que está asociada a una estación receptora para la transmisión de un servicio dado y una frecuencia específica en el interior, donde en condiciones determinadas, se puede establecer una radiocomunicación con una o más estaciones transmisoras.



**Figura 8. Huellas de cobertura satelitales**

*Fuente: [https://viasatelital.com/satelites/huella\\_IS-907.htm](https://viasatelital.com/satelites/huella_IS-907.htm)*

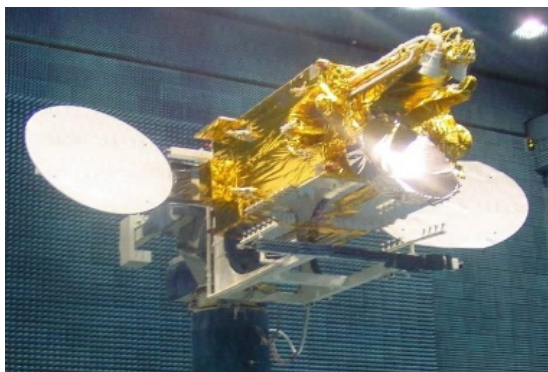
#### **2.2.6. Satélites de Venezuela**

El 1 de noviembre de 2005 se firma en la ciudad de Caracas, el contrato internacional de “Cooperación espacial entre la República Bolivariana de Venezuela y la República Popular de China” para el inicio del programa espacial VeneSat-1 (Satélite Simón Bolívar), incluyendo su fabricación, lanzamiento, equipamiento, construcción de las estaciones de control y formación del talento humano. Con referencia a lo anterior, el Satélite Simón Bolívar, basado en la plataforma DHF-4, es una red satelital

de telecomunicaciones, que consta de servicios de telefonía, fax, televisión, video y audio, transmisión de datos de control de procesos, red digital de servicios integrados y comunicaciones de emergencia, que le permite al país (Venezuela) interconectar a todo el territorio nacional e inclusive a gran parte de Centro América sin México y toda Suramérica sin los extremos sur de Chile y Argentina. Actualmente Venezuela consta de 3 satélites que son: Venesat-1, VRSS-1 y VRSS-2.

#### **2.2.6.1. VeneSat-1**

El VeneSat-1 (Simón Bolívar), como se muestra en la Figura 9, fue colocado exitosamente en la órbita geoestacionaria (GEO), a una altura sobre la superficie de la Tierra a 35.784,04 Km. Se puede destacar, que dicho satélite posee transmisores de gran potencia y un sistema de transmisión directa (DBS), lo cual permite que la información sea recibida sin la necesidad de una estación de retransmisión terrestre, esto permite recibir las señales con antenas de 45 cm de diámetro para el servicio de Televisión Directa al Hogar (TDH), con capacidad de enlaces digitales, Uplink/Downlink (Subida/Bajada), en las bandas (C, Ku, Ka), cubriendo a Venezuela con las bandas Ka y Ku. Sin embargo, la banda Ka nunca estuvo operativa pues la electrónica de esta banda resulto dañada por las maniobras de colocación del satélite en su posición.

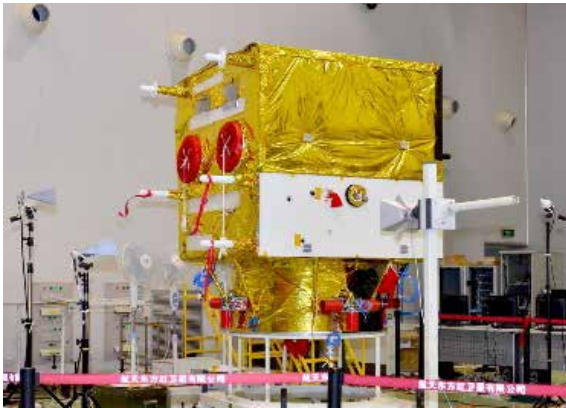


**Figura 9. VeneSat-1**

*Fuente: ABAE*

#### **2.2.6.2. VRSS-1**

El VRSS-1 (Satélite Miranda), como se observa en la Figura 10, fue colocado en una órbita Heliosincronica (SSO), cuya misión es la teledetección óptica de Venezuela, con un periodo alrededor de la Tierra de 97 minutos pasando por territorio venezolano 3 veces al día y puede tomar 350 imágenes diarias, se encuentra a una altura de 639 Km con una velocidad de 27.000 Km/h, posee cámaras de alta resolución (PMC) y cámaras de barrido ancho (WMC), es utilizado principalmente para la investigación de los recursos, estimación de los cultivos agrícolas, ejercicio de la soberanía territorial, planificación urbana, entre otras. Además, cuenta con bandas de transmisión C, S y X.



**Figura 10. VRSS-1**

*Fuente: ABAE*

### **2.2.6.3. VRSS-2**

El VRSS-2 (Satélite Antonio José de Sucre), como se muestra en la Figura 11, es el segundo satélite de teledetección óptica, y el tercer satélite venezolano, se colocó en una órbita Heliosincronica (SSO), a una altura de 650 Km. Realiza funciones en conjunto con el VRSS-1 y una de las novedades es la cámara infrarroja que posee, en las bandas de espectro de onda corta y de onda larga. Cuenta con una cámara de alta resolución pancromática de 1 metro y Multiespectral de 4 metros de resolución y una cámara infrarroja de 30m (SWIR) y 60m (LWIR) de resolución, ambas cámaras con un barrido de 30 Km.



**Figura 11. VRSS-2**

*Fuente: ABAE*

### **2.2.7. Bandas de frecuencia**

Las bandas de frecuencias son utilizadas para la transmisión desde una estación terrena a una estación espacial y la retransmisión desde la estación espacial a una o varias estaciones terrenas, en la actualidad son requeridas grandes capacidades de canales de transmisión, lo cual tiene como consecuencia las grandes anchuras de bandas, hay que mencionar que dichas frecuencias han de ser otorgadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Las letras más comunes y que son utilizados actualmente para las bandas datan de antes de la Segunda Guerra Mundial, ya que fueron escogidas de manera aleatoria para ocultar la información al enemigo.

Durante toda la historia de las comunicaciones ha sido muy común emparejar las bandas centradas en 6 GHz enlace ascendente (Tierra-Espacio) y en 4 GHz enlace descendente (Espacio-Tierra), muchos sistemas de Servicios fijos por satélite todavía utilizan la denominada “bandas C”. Luego se encuentran los sistemas militares y gubernamentales las cuales operan en las bandas de 8 y 7 GHz denominada “bandas X”. Hay otro sistema que funciona entre los 14 GHz (enlace ascendente) y 11-12 GHz (enlace descendente) denominada “bandas Ku”. Por último, se encuentran las bandas de 30 GHz y 20 GHz denominadas “bandas Ka”, es muy poco utilizadas, ya que se

están sujetas a una fuerte atenuación meteorológica. A continuación, en la Tabla 1, se muestra sus principales usos de acuerdo a los servicios.

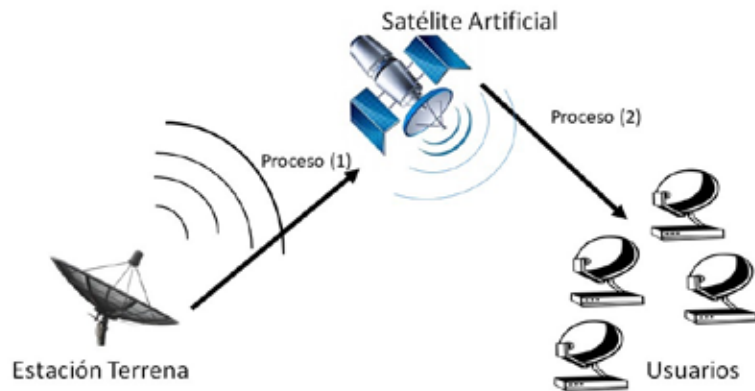
**Tabla 1. Bandas de frecuencias para las comunicaciones por Satélites**

Banda	Rango Frec. (GHz) UPLINK	Rango Frec. (GHz) DOWNLINK	Uso Típico
L	1,630-2,700	1,630-2,700	Móvil (marítimo, terrestre y aeronáutico)
S (2/4 GHz)	2,700-3,600	2,700-3,600	Móvil / Reservada (TT&C)
C (6/7 GHz)	6,926-6,425	3,700-4,200	Fijo /DBS
X (8/7)	7,900-8,395	7,260-7,745	Militar / Gubernamental
Ku (14/12)	14,000-14,800	10,700-11,700 12,500-12,750	Fijo
Ku (17/12)	17,300-18,100	11,700-12,600	DBS
Ka (30/20)	27,5- 30,0	17,7-21,2	Enlaces entre satélites. Investigación.

*Fuente: <https://elcajondelectronico.com/orientacion-de-parabolica/>  
Elaborado por Villarroel (2020)*

### 2.2.8. Topología de una red de TV Satelital

En la Figura 12 podemos observar un ejemplo de la topología de una red de comunicación de Televisión Satelital. La topología de una red de comunicación de Tv satelital básicamente es similar a los métodos utilizados en las redes terrestres, en este caso la comunicación satelital viene dada por una estación terrena donde es enviada la señal de información hacia el espacio, como se muestra en dicha figura con el proceso e identificado con el número uno (1) en el cual se encuentra un satélite artificial, donde sus componentes retransmiten la señal de información hacia las antenas receptoras ejecutando el proceso (2), de ésta manera se logra disfrutar de los servicios como lo es la televisión satelital.



**Figura 12. Topología de una red de TV Satelital**

Fuente: CINTEL  
Villarroel (2020)

### 2.2.9. Ventajas y desventajas de los Satélites

Se debe agregar que las comunicaciones efectuadas por los satélites artificiales geoestacionarios poseen sus pros y sus contras de acuerdo a lo señalado por la revista de Comunicaciones por Satélite de ACTA (2013), siendo sus ventajas las siguientes:

- **Estabilidad de la señal.**
- **Efecto Doppler mínimo.**
- **Interferencias predecibles.**
- **Gran zona de cobertura.**

Por otra parte, las desventajas o inconvenientes son:

- **No cubre zonas polares.**
- **Retardo considerable.**
- **Alto coste de lanzamiento.**
- **Afectado por eclipses.**
- **Alto riesgo de choque con la basura espacial.**
- **Poco aprovechamiento del espectro.**

### 2.2.10. Componentes de un sistema de telecomunicaciones por satélite

Los sistemas satelitales son capaces de proveer múltiples servicios de comunicaciones de manera virtual a cualquier parte del mundo sin discriminación en precios o geografía, estos sistemas tradicionalmente se basan en que las señales se transmiten entre las estaciones terrestres y las estaciones satelitales. Es por ello que un sistema de comunicaciones por satélite consta de los siguientes elementos:

- **Satélite de comunicaciones:** Es el punto central de la red, cuya función es establecer comunicaciones entre los diversos puntos de la zona que tiene destinada atender. Vale la pena mencionar que en un sistema pueden haber más de un satélite, donde uno puede estar en servicio y otro de reserva, puede estar en órbita o en tierra, o dos en órbita con uno en funcionamiento, el otro de reserva y un tercero en tierra, todo dependerá de la fiabilidad que se aspira lograr.
- **Centro de control:** Es aquella que realiza desde tierra el control total del satélite, también es llamada como la Estación TT&C (Telemediación, Telemando y Control), en ella se encuentran todos los equipos necesarios para llevar a cabo todas las operaciones necesarias para tal fin.
- **Estación terrena:** Es un sistema que forma el enlace entre el satélite y la red terrestre conectada al sistema. Además, existen diferentes tipos de estaciones terrenas en función del servicio a las que se encuentran destinadas:
  - § **Estación master:** Ubicada en el nodo principal de la red, se encarga de la gestión del sistema.
  - § **Estaciones de alto tráfico, medio y bajo tráfico:** Según sea el número de canales de transmisión y recepción.
  - § **Estaciones rurales:** Aquellas que son de bajo costo.
  - § **Estaciones TVRO (Tv Receive Only):** Permiten solo la recepción de una o varias señales de TV.

### 2.2.11. Enlaces por satélites

Los enlaces entre las estaciones terrenas y los satélites están constituidos por radiación electromagnética, las cuales son dirigidas en haces de mayor o menor concentración, guardando cierto parecido con los enlaces entre las estaciones ubicadas sobre la superficie, mayormente se usan las mismas bandas de frecuencia. Las bandas de frecuencia que son empleadas para este tipo de enlace son establecidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Sin embargo, para lograr que los enlaces por satélite sean exitosos se deben cumplir ciertas características de los equipos para las estaciones terrenas, los transpondedores y los efectos de radiaciones no deseadas de origen ajeno.

Es importante mencionar que la señal emitida por la estación terrena o transmisora debe llegar a la receptora con la potencia necesaria de operación, de manera que se garantiza el buen funcionamiento del servicio prestado, sin embargo, esto dependerá de múltiples factores, como la distancia del satélite a la zona de cobertura, el ruido interno y externo, la absorción de la radiación en la atmósfera, la polarización, las interferencias por la compartición de la banda con servicios terrenales y con otros sistemas de satélites.

#### **2.2.11.1. Enlace Básico**

La realización de un enlace básico se debe saber que las ondas electromagnéticas que son emitidas por un radiador isótropo en el espacio libre son propagadas en todas las direcciones, de esta manera que, para cualquier distancia de su centro, sabiendo que el área total está definida por  $A = 4\pi d^2$  donde fluye la potencia total generada  $P_t$  y es distribuida por uniformemente por toda su superficie. Para la realización del cálculo de la potencia total captada en el punto de recepción se define por la Ecuación (1)

$$P_r = P_t \frac{A_e}{4\pi d^2} \quad (1)$$

Donde:

$A_e = A_i \eta =$  área efectiva o abertura efectiva

$A_i$  = área de intercepción equifase

$\eta$  = factor de eficiencia, que generalmente tiene un valor entre 0.5 y 0.7

En la mayoría de los casos idealmente se desean que las antenas no sean isótropas y que logren concentrar la potencia disponible alrededor de una dirección fija, reduciendo la zona de servicio para los satélites y la ubicación de los satélites para las estaciones terrenas, teniendo en cuenta la ganancia de la antena transmisora representada como  $G_t$  entonces, la potencia en el punto de recepción es

$$P_r = P_t G_t \frac{A_e}{4\pi d^2} \quad (2)$$

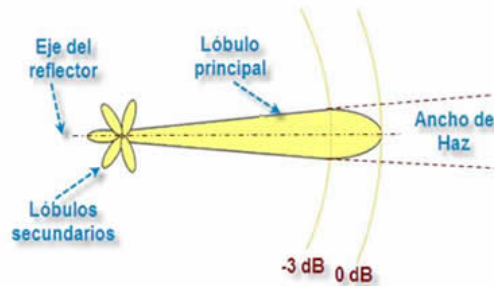
El producto  $P_t G_t$  representa un concepto el cual se denomina potencia isotrópica radiada equivalente o (pire) en función de la dirección. Adicionalmente  $A_e$  puede representarse en función de la ganancia de la antena receptora mediante la ecuación universal

$$A_e = \frac{G\lambda^2}{4\pi} \quad (3)$$

Donde  $G$  es la ganancia de la antena y  $\lambda$  es la longitud de onda en la frecuencia central de la portadora. Por lo tanto, la potencia recibida en un enlace se puede representar en función de la potencia transmitida, ganancia de las antenas de transmisión y de recepción y distancia entre el transmisor y receptor de la siguiente manera

$$C = \frac{pire}{4\pi d^2} \left( \frac{G_r \lambda^2}{4\pi} \right) \quad (4)$$

Las antenas presentan un haz principal con un lóbulo de radiación con una máxima ganancia y muchos lóbulos de radiación menores, como se muestra en la Figura 13, que producen una radiación indeseable, los cuales tienen la capacidad de causar interferencias con otros sistemas.



**Figura 13. Lóbulo principal y secundarios**  
Fuente: AHCJET

Los enlaces ascendentes de cada estación terrena para los satélites geoestacionarios, están contenidos en un haz muy estrecho, generalmente en un ángulo menos a  $1^\circ$  con la mayor potencia radiada, esto se debe a que las antenas poseen una ganancia que mayormente esta entre los 40 a 60 decibelios, de esta manera se permite que la potencia emitida desde la Tierra requerida para una comunicación eficaz sea relativamente pequeña, teniendo en cuenta que debe abarcar toda la cobertura geográfica necesaria.

#### 2.2.11.2. Pérdidas de enlace

- Absorción:** La pérdida por absorción en la parte baja de la atmosfera produce atenuación en las ondas de radio, ya que dependen de parámetros que pueden ser fijos, como el ángulo de elevación de la antena, la frecuencia de la portadora y la altura en que se encuentre la estación terrena sobre el nivel del mar, no obstante, en la mayoría de los satélites geoestacionarios, donde los ángulos de elevación con mayores de  $20^\circ$ , excepto los países cercanos a los polos poseen pocas perdidas a causa del vapor de agua y del oxígeno. Con respecto a las frecuencias mayores a 10 GHz y ángulos de elevación muy bajos la absorción tiene un valor significativo, sobre todo cuando se diseñan enlaces para comunica una estación terrena cercana al borde la huella de cobertura del satélite.
- Refracción y centelleo:** La refracción es causada por la variación de densidad en la atmosfera con la altura y turbulencia, con el resultado de que la propagación se

desvía levemente en su trayectoria, además de reproducir múltiples trayectorias que llegan a un punto con diferencias menores en longitud y fase, es por ello que la suma de las ondas recibidas de distintas trayectorias pueden realizar un refuerzo o cancelación de la señal en forma de desvanecimiento o fluctuaciones rápida denominada centelleo. Hay que tener en cuenta que este efecto tiende a ser mayor en frecuencias altas, con ángulos de elevación bajos y en las regiones tropicales mayormente en la temporada de verano y con tiempo nublado ocasionado por la troposfera, a pesar de ello pueden haber variaciones de la señal de 0.3 dB el 1% del tiempo alrededor de 11 GHz y en 20 GHz la variaciones generalmente son de 1 dB para ángulos de elevación mayor a 10°, cuando se tienen ángulos menores de 5°, el desvanecimiento es de varios dB con una duración de unos pocos segundos. En cuanto al centelleo troposférico como el inosférico tiene una duración en la mayor parte del tiempo es muy baja en los ángulos de elevación comunes, además de tener duraciones muy cortas cuando ocurren.

- **Atenuación por lluvia:** Se han realizado varios estudios teóricos y mediciones de campo, logrando el desarrollo de diversos modelos generales empíricos para predecir los efectos de lluvia, ya que la degradación ocasional más importante de la relación C/N se debe a la pérdida de potencia originada por la lluvia, las atenuaciones por lluvia a las frecuencias altas crecen de manera muy rápida hasta 50 GHz siendo mayores a ángulos bajos de elevación de las antenas en la estación terrena. La lluvia además de producir la atenuación de la señal útil, genera otros dos efectos de deterioro tales como: aumento del ruido de las antenas receptoras y hacen girar la polarización de las ondas, teniendo como consecuencia notable la interferencia de la polarización cruzada cuando se emplea reutilización de frecuencias mediante dos polarizaciones lineales en la misma banda.
- **Variaciones adicionales de potencia:** La variación de los parámetros de los satélites y de las estaciones terrenas vienen dadas por el desajuste de los dispositivos mecánicos en ellas, como por ejemplo cuando se produce una

oscilación del apuntamiento de un satélite, inclusive cuando se está dentro de los límites de sus especificaciones, producen variaciones de la ganancia de sus antenas, al llegar a su extremo de tolerancia aumenta la ganancia de las antenas de un satélite, produciendo un aumento de una intermodulación que se puede representar como ruido adicional en los transpondedores y pueden ocasionar saturación del mismo. El desajuste de las especificaciones de la estación terrena produce interferencia adicional, agregando ruido en los enlaces, tanto las especificaciones de una estación terrena y un satélite concierne al peor caso. De este modo para los sistemas geoestacionarios un haz de gran cobertura geográfica puede llegar a estaciones terrenas con ángulos de elevación bajos, se ven más acentuados los efectos mencionados, ya que los cambios son notables generando perturbaciones en el medio de propagación.

Atendiendo a estas consideraciones, el desajuste de los dispositivos de las estaciones terrenas que afectan el enlace de la propia red u otras redes, deben ser corregido de manera inmediata.

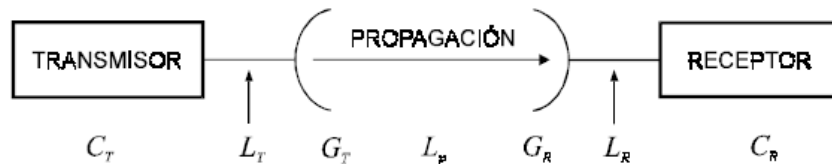
### **2.2.11.3. Balance de potencia**

La potencia  $C_T$  para una portadora que es suministrada por el amplificador de potencia de una estación terrena o de un transpondedor, queda sujeta a las pérdidas en los circuitos eléctricos y a todas las pérdidas anteriormente mencionadas, por lo que la potencia en la antena receptora es

$$C = C_T$$

$$C = p_{ire} L_P + G_R L_R \quad (4.2)$$

donde  $L_R$  representa las pérdidas en la línea y en el amplificador, como se muestra en la Figura 14.



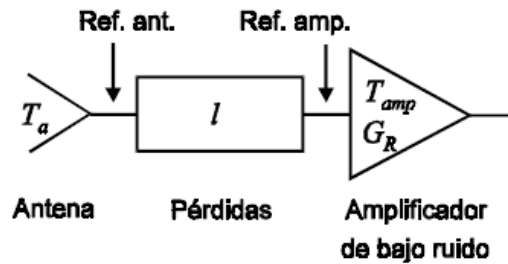
**Figura 14. Parámetros que modifican la potencia del enlace en un trayecto**  
Fuente: AHCIET

#### 2.2.11.4. Ruido

El ruido puede degradar el funcionamiento de los satélites artificiales, ya que se introduce por las antenas receptoras también se genera internamente con un efecto significativo en aquellas etapas que son sensibles al ruido. La realización de los cálculos del ruido en el enlace descendente que es captado por las antenas de las estaciones terrenas es muy compleja, ya que depende de numerosos parámetros en el tiempo. Sin embargo, el ruido total a considerar en los enlaces ascendentes es relativamente sencillo de calcular. En tal sentido la potencia del ruido térmico creado por una resistencia debido a las oscilaciones de la corriente eléctrica es

$$N = kTB \quad (W) \quad (5)$$

donde  $k$  es la constante de Boltzman ( $1.38054 \times 10^{-23}$  julios/ ° Kelvin),  $T$  es la temperatura absoluta en grados Kelvin y  $B$  es la anchura de banda en que se mide el ruido. Adicionalmente, el ruido proveniente del espacio que es introducido por una antena receptora puede considerarse equivalente al originado por una resistencia a una temperatura  $T$ , produciendo la misma potencia y la misma anchura de banda, ya que está constituido por energía incoherente estadísticamente distribuida. Finalmente, para determinar la temperatura de ruido del conjunto de elementos, es comúnmente en los terminales de la antena o en la entrada del amplificador o de un transpondedor del satélite. (Véase en la Figura 15).



**Figura 15. Tres elementos de una cadena de recepción.**  
Fuente: AHCIET

### 2.2.11.5 Relación C/N total del enlace

La relación de portadora a ruido térmico viene dada por

$$\frac{C}{N} = \frac{pire}{L_P k B} \left( \frac{G_R}{T_S} \right) \quad (6)$$

Donde  $L_P$  es el producto de las relaciones de atenuación por pérdidas de propagación y  $N = kBT_S$ .

La relación  $\left( \frac{G_R}{T_S} \right)$  es conocida como el factor de calidad de la estación receptora, ya que contiene los parámetros propios más importantes de ella y al aumentarse mejora proporcionalmente la relación C/N. Frecuentemente se suele emplear la densidad espectral de ruido como  $N_0$  en vez de  $N$  y para la forma logarítmica es

$$\frac{C}{N_0} = \text{pire} \quad L_P \quad k + \left( \frac{G_R}{T_S} \right) \text{ dBHz} \quad (7)$$

Donde  $k = 2228.6$  dB/K en forma logarítmica. No obstante, el valor requerido se puede obtener en forma óptima con los valores adecuados de los parámetros que intervienen en ello, es por ellos que se deben tomar en cuenta todas las características no lineales asociadas con las demarcaciones de la operación del satélite. Se hace necesario resaltar que para las bandas Ku y Ka las pérdidas ocasionales por la precipitación que suelen ocurrir en los enlaces ascendente o en el descendente o ambos simultáneamente, producen una atenuación que puede exceder de 10 dB, aunque sea en intervalos muy cortos, generalmente no se prevé compensarlas completamente.

Por otra parte, las portadoras que ocupan un transpondedor completo, como las que son dedicadas para prestar servicios de Televisión Directa, se pueden emplear sistemas automáticos de compensación de pérdidas por las precipitaciones del pire ascendente, usando la detección de las variaciones de potencia recibidas de una portadora piloto de potencia constante, la cual es producida por el satélite. Por consiguiente, los valores de los parámetros del enlace suelen presentarse en una lista denominada Balance del enlace, ya que muestra el proceso de cálculo, cuyos valores se suman o restan hasta obtener el resultado final. En las tablas de la 2 a la 4, se muestra dicha lista para enlaces en un sistema de cobertura nacional dónde se encuentran términos como:

- **E/T = Estación Terrena.**
- **Tx= Transmisor.**
- **Rx= Receptor.**

**Tabla 2. Lista de cálculo de enlace**

ENLACE DIGITAL EN BANDA Ku	UNIDAD
Anchura de banda del transpondedor	MHz
Velocidad de información del enlace	kbps
Anchura de banda de la portadora	MHz
Diámetro de la antena de E/T Tx	m
Diámetro de la antena de E/T Rx	m
Frecuencia de transmisión E/T	GHz
Frecuencia de recepción E/T	GHz
Ganancia de la antena E/T Tx	dBi
Ganancia de la antena E/T Rx	dBi
Temperatura del sistema a cielo despejado. E/T Rx	dBK
Temperatura del sistema con precipitación. E/T Rx	dBk
G/T de la E/T Rx con precipitación	dB/K
Densidad de flujo para saturación en dirección. E/T Tx a 0 dB de atenuación en el transpondedor	dBW/m <sup>2</sup>
Ajuste de ganancia del atenuador en el satélite	dB
Densidad de flujo para saturación en operación	dBW/m <sup>2</sup>
G/T del satélite en dir. E/T. Tx	dB/K
Retención de potencia de entrada al transp.	dB
Constante de Boltzman	dB/K

*Fuente: AHCJET  
Villarrol (2020)*

**Tabla 3. Lista de cálculo de enlace ascendente**

ENLACE ASCEDENTE	UNIDAD
Pérdidas por divergencia	dB
Pérdidas en el espacio libre	dBm <sup>2</sup>
Pérdidas atmosféricas mínimas	dBm <sup>2</sup>
Pire requerida de la portadora E/T Tx	dB
Núm. De portadoras transmitidas por la E/T	dBW
Pire neta total	dBW
Potencia del amplificador para saturación	dBW
Pérdidas misceláneas hasta la antena	dB
Ajuste de potencia requerido BO E/T	dB
Margen para pérdidas por precipitación	dB
Pérdidas por apuntamiento	dB
C/N <sub>o</sub> ascendente	dBHZ
C/N ascendente	dB
C/N <sub>im</sub> por intermodulación en E/T Tx	dB
C/I por E/Ts de otros sistemas de satélites	dB
C/X de enlaces de Ets en pol. X	dB
C/I por redes terrenales	dB
Relación C/N total ascendente	dB

*Fuente: AHCJET  
Villarroel (2020)*

**Tabla 4. Lista de cálculo de enlace descendente**

ENLACE DESCENDENTE	UNIDAD
Pire del Transpondedor a saturación en dirección E/T Rx	dBW
Retención de potencia de salida	dB
Pire de la portadora en dirección de E/T Rx	dBW
Pérdidas en el espacio libre	dB
Pérdidas atmosféricas	dB
Pérdidas por apuntamiento	dB
Margen para pérdidas por precipitación	dB
C/No descendente	dBHZ
C/N descendente	dB
C/N <sub>im</sub> por intermodulación en el transpondedor	dB
C/I por satélites adyacentes	dB
C/X del satélite	dB
C/N total descendente	dB
Relación C/N total del sistema	dB
Relación C/N total requerida	dB
Diferencia (margen)	dB

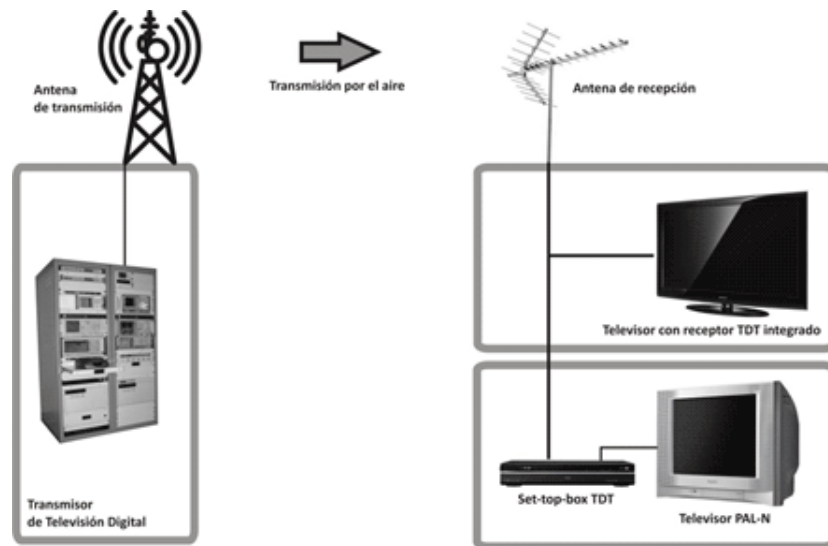
*Fuente: AHCJET  
Villarroel (2020)*

## **2.2.12. Evolución de la Televisión**

### **2.2.12.1. Televisión Analógica**

La televisión es un dispositivo que se ha convertido en un electrodoméstico cotidiano y común en los hogares de todo el mundo, todo comienza el 26 de enero de 1926 cuando fue creado el primer televisor analógico comercial, sin embargo, en sus inicios estos dispositivos eran muy grandes y caros, en su momento estos tenían pantallas de baja resolución, es por ello que las imágenes se apreciaban en blanco y negro, aun cuando las imágenes eran de mala calidad, a pesar de ello el televisor fue ganando popularidad en los hogares, ya que permitía a los televidentes entretenerlos con programas e historias que no podían imaginar. Por otro lado, a finales de los años 80 fue implementado el teletexto, es decir, transmitían noticias e información a través del texto en los espacios libres que había en la programación de la señal de video, luego de estudios realizados para determinar la percepción del ojo humano, se comenzó a transmitir y observar la televisión a color.

De esta manera haciendo referencia a lo dicho por la Facultad de Ingeniería UNAM, surgieron estándares para la transmisión de la televisión analógica los cuales son NTSC, PAL y SECAM. Es importante mencionar que estos estándares tuvieron una larga vida, pero con la aparición de la televisión digital, su uso empezó a disminuir. No obstante, para la recepción de las transmisiones a color se necesitaba instalar una antena externa dirigida, como se muestra en la Figura 16, para la recepción de la banda de frecuencia establecida para cada país, dichas antenas tenían que estar ubicadas en lugares altos sin obstáculos a su alrededor para evitar el retardo de la señal, que produce el efecto fantasma.



**Figura 16. Transmisión Analógica**

*Fuente: [https://www.ri5.com.ar/wiki/Que\\_es\\_TV\\_Digital\\_Gratuita\\_TDA.php](https://www.ri5.com.ar/wiki/Que_es_TV_Digital_Gratuita_TDA.php)*

### **2.2.12.2. Televisión Digital**

La televisión Digital se refiere a un conjunto de tecnologías que son basadas en la transmisión y recepción de imagen y sonido mediante señales digitales, la cual es codificada en forma binaria, con la capacidad de transmitir varias señales en un mismo canal asignado, esto se debe a la diversidad de formatos que existen. Es importante mencionar que las compañías de cables comenzaron a migrar a la transmisión digital a finales del siglo XX. Una de las ventajas que tiene la televisión digital sobre a la televisión analógica son amplias, ya que la señal digital permite transmitir de 4 a 6 canales en un ancho de banda de 6 MHz en cambio la señal analógica permite 1 canal en el mismo ancho de banda, la calidad de imagen y sonido en la televisión digital es excelente. El estándar actual para proporcionar la televisión digital en Venezuela es ISDB- Tb (Integrated Services Digital Broadcasting- Terrestrial) la cual es una variante del ISDB-T utilizada en Japón.

### **2.2.12.3. Televisión Digital por Satélite**

La televisión digital por satélite es la transmisión de señales satelitales en formato digital la cual llega a los hogares de forma inalámbrica mediante una red de

señales de radio, satélites de comunicaciones, centros de transmisión y antenas exteriores. En consecuencia, el contenido transmitido de manera digital es caracterizado por tener una imagen y sonido de calidad, esta tecnología comenzó a transmitir en la banda C de radiofrecuencia, pero actualmente debido a la saturación que hay en esa banda el contenido de televisión digital se transmite en la banda Ku.

#### **2.2.13. Servicio de Televisión Directa al Hogar (TDH)**

Los sistemas de Televisión Directa al Hogar es un servicio digital satelital con la capacidad de brindar servicios de visualización de televisión de manera directa a los suscriptores en cualquier parte del país. Adicionalmente este sistema está constituido por 3 etapas, una de ellas es la etapa de transmisión el cual es la fuente de programación y es el centro de radiodifusión, además, es el encargado de enviar la señal de televisión al satélite, luego se encuentra la etapa satelital, conformada por el satélite artificial, cuya función es recibir, procesar y repetir de regreso la señal de información a la Tierra. Por último, se encuentra la etapa de recepción, donde cada usuario del servicio TDH recibe en su hogar la señal enviada por el satélite artificial a través de una antena receptora y decodificada por un decodificador. Este conocimiento nos ha de permitir conocer el cómo se encuentra constituido las diferentes etapas el servicio de televisión directa al hogar, para el buen funcionamiento del mismo.

#### **2.2.14. Ley Orgánica de Telecomunicaciones del uso Satelital**

La República Bolivariana de Venezuela deberá suscribir el/los tratados internacionales para poder hacer uso de los satélites que cumplen con la factibilidad técnica operativa de acuerdo al Artículo 118 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

“Corresponde a la Comisión Nacional de Telecomunicaciones la administración, regulación ordenación y control del espectro radioeléctrico asociado a redes de satélites, así como el acceso y la utilización de recursos órbita-espectro para redes espaciales asignadas por la República y registradas a nombre de ésta, todo ello de conformidad con los tratados internacionales suscritos y ratificados válidamente por la República...” (p. 40)

De igual manera, soportado por el Artículo 124 de la misma Ley:

“... Los operadores de servicios de telecomunicaciones debidamente habilitados por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones en los términos establecidos en la presente Ley, podrán operar con satélites propiedad de entidades internacionales establecidas al amparo de tratados o convenios internacionales suscritos y ratificados por la República...” (p. 42).

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Azimut:** Es el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena y es tomado como referencia el Norte cero grados  $0^\circ$  y si se continúa girando en el sentido que giran las agujas del reloj, hacia el Este, se llegara a los  $90^\circ$  de azimut, hacia el Sur se tendrán  $180^\circ$  de azimut, hacia el Oeste  $270^\circ$  de azimut.

**Código Binario:** Sistema de representación de textos o datos en el cual los números o información se representan usando únicamente las cifras cero y uno (0 y 1), este código se emplea con diferentes métodos de codificación de datos.

**Efecto Doppler:** Es la variación de la frecuencia de una onda emitida por una fuente en movimiento.

**Estación Terrena:** Es una estación de radio terrestre de telecomunicaciones para retransmisión de servicios como Televisión, voz y datos vía satélite.

**Frecuencia KA:** Es una porción de la parte de microondas del espectro electromagnético, definida como la frecuencia de 26,5 a 40 GHz, es decir, la longitud de onda es de poco más de un centímetro a 7,5 milímetros.

**Frecuencia KU:** Es una banda de frecuencia de microondas que se utiliza para las comunicaciones por satélite y la radiodifusión. La recepción terrestre utiliza aproximadamente 12 GHz y la transmisión utiliza aproximadamente 18 GHz. Con una longitud de onda de 2,5 cm a 1,67 cm.

**FPB (Filtro Pasa Banda):** Cumple con la función de dejar pasar una gama de frecuencias determinadas atenuando las frecuencias no deseadas.

**HPA (Amplificador de Alta Potencia):** Es un amplificador que proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transponder del satélite.

**ISDB-Tb:** Es el estándar de transmisión brasileño para la radiodifusión digital terrestre. El estándar ISDB-T fue modificado y aprobado como ISDB-Tb (Servicios Integrados de Radiodifusión Digital Terrestre de Brasil).

**LNA (Amplificador de Bajo Ruido):** Es un amplificador electrónico que amplifica una señal de muy baja potencia sin degradar la señal minimizando el ruido adicional.

**Onda Electromagnética:** Es la combinación de campos eléctricos y magnéticos que son producidas por cargas en movimiento.

**OSC (Oscilador de Frecuencia):** Es un circuito electrónico capaz de producir una señal electrónica oscilante y periódica.

**Polarización de las Ondas Electromagnéticas:** Es una propiedad de las ondas que pueden oscilar con más de una orientación.

**Portadora:** Es una onda senoidal modificada por una señal de entrada llamada moduladora para transmitir una información.

**Radiofrecuencia:** Es el conjunto de ondas electromagnéticas por las cuales se propaga el sonido mediante el espacio.

**Radiación Electromagnética:** Es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes que se propagan a la velocidad de la luz por el espacio transportando energía de un lugar a otro.

**Radiador Isótropo:** Es una antena perfectamente omnidireccional con cero decibeles de ganancia, que irradia la señal con la misma intensidad en todas las direcciones perfectamente uniforme.

**UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones):** Organismo especializado en las telecomunicaciones que regula las telecomunicaciones a nivel internacional y gestiona el reparto del espectro de frecuencias radioeléctricas y de las órbitas de los satélites.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

El presente trabajo de investigación consiste en proponer alternativas para la puesta en marcha del servicio TDH en el municipio San Diego, cumpliendo así con las Normas de Elaboración de Trabajo de Grado de la Universidad José Antonio Páez donde estipula que un proyecto factible “consistirá en la investigación, elaboración, y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar, problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.” (Mijares y Garcia, 2007).

#### **3.2. Diseño de la Investigación**

De acuerdo con los propósitos que persigue el autor y según Arias (2012), la investigación es de tipo documental, la cual establece que:

“La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos”. (p. 27).

Adicionalmente, Palella y Martins (2010), la define como, “...la investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos-escritos u orales- uno de, los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia.” (pag.90). Debido a que el objetivo del presente trabajo es proponer alternativas para la puesta en marcha del servicio TDH para una determinada población, por lo tanto, su puesta en práctica queda a consideración de los interesados.

#### **3.3. Nivel de la investigación**

La investigación que se pretende realizar de acuerdo a Arias (2012), es de un nivel de tipo descriptiva, ya que tiene como objetivo proponer alternativas para la puesta en marcha el servicio TDH, en el municipio San Diego, estado Carabobo. Por lo tanto, se establece que:

“La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. (p. 24)

Sin embargo, Hernández, *et al* (2014) refieren al nivel de investigación descriptiva como:

“Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas”. (p. 92)

Por lo tanto, la metodología a emplear en el trabajo de investigación se llevará a cabo mediante un esquema descriptivo, ya que permite identificar las características de un satélite artificial y así generar las alternativas para la puesta en marcha del servicio TDH.

### **3.4. Población y muestra**

Según Arias (2012), define la población como “...es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p. 81). Del mismo modo Arias (2012) señala que, “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p. 82). Sin embargo, Hernández, *et al* (2014) refieren a la muestra de tipo No Probabilística o dirigida como:

“Subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación... Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de

probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación”. (p. 176)

Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación la población está representada por 1957 satélites artificiales activos que están en órbita según el artículo publicado por Espada (2019) y la muestra estaría constituida por una muestra No Probabilística conformada por seis (6) satélites artificiales en órbita que son: VRSS-1, VRSS-2, AMC 21, NSS 7, Satmex 6 y Satmex 8.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Como señala Arias (2012) “Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información.” (p. 67), así como, también explica Arias (2012) “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.” (p. 68). Por lo tanto, se utilizará la técnica de revisión bibliográfica, recursos electrónicos para la recolección de datos. Adicionalmente, se utilizarán técnicas como la observación documental y análisis crítico, al mismo tiempo el instrumento que se utilizará para la recolección de datos será la computadora a través de los softwares Excel y Word.

### **3.6. Fases de la Investigación**

#### **Fase I: Diagnóstico de la situación actual del servicio de TDH que ofrece CANTV al Municipio San Diego – Estado Carabobo.**

En esta fase se ubicó material de diversos autores y publicaciones electrónicas para tener conocimiento de la situación actual sobre el servicio de TDH ofrecido por CANTV a través del satélite Simón Bolívar (VeneSat-1), en donde se arroja que el mismo se encuentra fuera de órbita.

#### **Fase II: Análisis de las posibles alternativas de conectividad con satélites artificiales: AMC 21, NSS 7, Satmex 6 y Satmex 8.**

En esta fase se realizará una revisión de los documentos recopilados, desarrollando un análisis de las recomendaciones por los distintos autores referente a las comunicaciones

por Satélite, posteriormente se procederá al estudio de las posibles configuraciones de enlaces satelitales realizando comparaciones entre el satélite VeneSat-1 con respecto a las posibles alternativas como los satélites AMC 21, NSS 7, Satmex 6 y Satmex 8.

**Fase III: Diseño de la configuración en tierra necesaria para lograr reestablecer el servicio de TDH en el municipio San Diego – Estado Carabobo.**

En esta fase se ha de proceder a esquematizar el diseño de la configuración de los enlaces satélites con cada una de las posibles alternativas propuestas respectivamente para la puesta en marcha del servicio TDH.

**Fase IV: Evaluación de la factibilidad técnica, operativa, económica, social y ambiental para la puesta en marcha del servicio de TDH en el municipio San Diego – Estado Carabobo.**

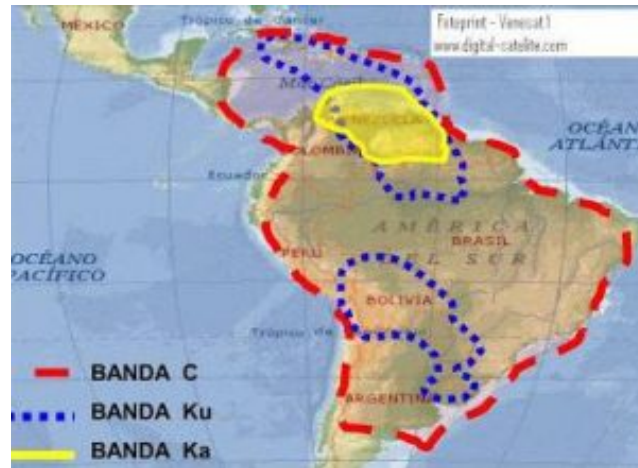
En esta fase, en el ámbito técnico, se realiza un estudio para plantear la capacidad de expansión del servicio, en el ámbito operativo, se plantean mejoras operativas de la comunicación satelital, en el ámbito económico, se ha de realizar un estudio de la rentabilidad del proyecto, en el ámbito social, se busca la receptibilidad de los usuarios que posiblemente necesita el restablecimiento del servicio TDH y finalmente en el ámbito ambiental, se buscará determinar el impacto que pudiera tener cada alternativa a proponer al medio ambiente para la puesta en marcha de dicho servicio.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1. Diagnóstico de la situación actual del servicio de TDH que ofrece CANTV al Municipio San Diego – Estado Carabobo.**

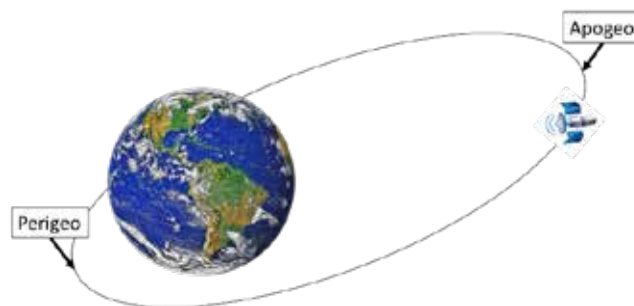
El VeneSat-1 es un satélite artificial de comunicaciones en órbita geoestacionaria (GEO), con un periodo alrededor de la Tierra de 24 horas, a una altura aproximada de 35.784,04 Km de la superficie de la Tierra, operado por la ABAE, donde uno de los servicios que prestaba es el de Televisión Directa al Hogar (TDH), Acceso a Internet, Soporte a la red de telefonía móvil celular del Estado, sin embargo, esta investigación está enfocada en el servicio TDH, además, es importante mencionar que el VeneSat-1 estaba dotado de una carga útil integrada por 14 transpondedores en banda C con cobertura regional, 12 transpondedores en banda Ku, cubriendo principalmente Venezuela, Bolivia y Uruguay y por ultimo 2 transpondedores en banda Ka con cobertura total en Venezuela, como se muestra en la figura 17, adicionalmente el VeneSat-1, fue fabricado por CAST (China Academy of Space Technology) sobre la plataforma DFH-4 y disponía de una potencia de 7,75 Kw para sus 15 años de vida útil de diseño y teniendo en cuando que fue lanzado en Octubre de 2008, este inicio su servicio en Enero de 2009, por lo tanto, solo fue utilizada 11 años, 1 mes y 13 días hasta el día 13/03/2020 a las 3:15 AM, momento en que salió de orbita hasta la fecha sin poder recuperarlo.



**Figura 17. Huella VeneSat-1**

*Fuente: <http://latamsatelital.com/venesat-1-queda-fuera-de-servicio/>*

Las observaciones realizadas por el telescopio de ExoAnalytic indican que el satélite cayó en una órbita elíptica, (Véase en la Figura 18), donde su altitud de perigeo, es decir, su punto más bajo, se ubica 50 Km sobre el arco geosíncrono, donde se encuentran todos los satélites artificiales más grandes y la altitud de apogeo o su punto más alto, es de aproximadamente 36000 Km o unos 525 Km por encima del arco geosíncrono, lo que complica aún más la recuperación del satélite, debido a que el punto bajo del VeneSat-1 apenas puede pasar por el umbral de notificación para los operadores de satélites en órbita geosíncrona, mientras tanto en el punto más alto se encuentra dentro de la órbita cementerio, lugar donde terminan todos los satélites fuera de servicio. Sin embargo, los operadores pueden recuperar los satélites que caigan en esta orbita siempre y cuando estos no estén gravemente dañados.



**Figura 18. Órbita Elíptica**

*Fuente: Villarroel 2020*

Las bandas de frecuencias usadas en la transmisión y recepción por TDH, inicialmente se encuentran en la banda Ku, actualmente se está expandiendo hacia la banda Ka, como se muestran en la siguiente Tabla 5.

**Tabla 5. Lista de Frecuencias de Cobertura de las Bandas usadas por TDH**

<b>BANDA</b>	<b>FRECUENCIAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>KU</b>	Downlink: FSS: 11.700-12.200 GHz DBS: 12.200-12.700 GHz Uplink: FSS: 14.000-14.500 GHz DBS: 17.300-17.800 GHz	Ventajas: Longitudes de onda medianas que traspasan la mayoría de los obstáculos y transportan una gran cantidad de datos. Inconvenientes: La mayoría de las ubicaciones están adjudicadas.
<b>KA</b>	Entre 18 y 31 GHz	Ventajas: Amplio espectro de ubicaciones disponible, las longitudes de onda transportan grandes cantidades de datos. Inconvenientes: Son necesarios transmisores muy potentes, sensible a interferencias ambientales.

*Fuente: Villarroel (2020)*

En cuanto a los medios de comunicación que se beneficiaban del VeneSat-1 están CANTV y MOVILNET, sin embargo, el pasado 13 de marzo de 2020 presentó una falla, donde según las observaciones del telescopio de ExoAnalytic, ubicado en Pennsylvania, Estados Unidos indicó que tuvo un cambio de órbita significativo, produciendo una pérdida de comunicación con la estación de control, no obstante, el satélite artificial realizó una maniobra que lo alejó 30° al Oeste de su posición orbital de 78° Oeste, de esta manera ocasionó que el servicio de TDH se dejara de transmitir en el municipio San Diego – Estado Carabobo.

Actualmente, la empresa CANTV logró migrar parte de la información que se transmitía mediante el VeneSat-1, al satélite artificial Star One C4 de origen brasilero, en la Tabla 6 se muestran sus características principales y en la Tabla 7 se muestra los parámetros que deben tener configurado los usuarios del servicio TDH ofrecido por CANTV, en el Municipio San Diego – Estado Carabobo, dicho satélite artificial se puso en órbita el 15 de Julio de 2005, en una posición orbital de 70° Oeste, con una

vida útil de 15 años, además, tiene cobertura por banda Ku en buena parte de Centroamérica, Brasil, Venezuela, Ecuador, Bolivia y Perú. Esta etapa de relanzamiento aplicará estrictamente para los usuarios que ya poseen el kit de CANTV Televisión Satelital. En una primera etapa, los hogares pueden disfrutar de 26 canales con contenidos nacionales de información, entretenimiento y educación: VTV, TVES, Vive TV, Ávila TV, Corazón Llanero, Globovisión, TLT, 123 TV (infantil), Conciencia TV, Rusia TV (RT), CGTN Español (China), Colombeia, HispanTV (Irán), Televen, Venevisión y Telesur.

En el caso de los canales Internacionales la parrilla brinda distintas opciones para complacer todas las preferencias de la familia. Entre estas resaltan canales tales como Animal Planet, Discovery Channel, SunChannel, TLC, Discovery H&H, IVC, Agrotendencia, Enlace (cristiano evangélico), Cine Latino y PXTV (Música y Deportes). Durante el período de prueba, la Empresa ofrece a los usuarios el disfrute de todos los canales de CANTV Televisión Satelital, con solo efectuar la reactivación del servicio configurando el decodificador y alineando nuevamente la antena. Además, ofrece la señal a los usuarios que reactiven su decodificador sin costo alguno, durante el período de prueba.

**Tabla 6. Satélite Artificial Star One C4**

		Satélite Artificial Star One C4
<b>Parámetros</b>	<b>Fecha de lanzamiento</b>	15 de Julio de 2015
	<b>Nación</b>	Brasil
	<b>Posición</b>	Geoestacionaria (GEO)
	<b>Posición</b>	70° Oeste
	<b>Altitud</b>	Perigeo: 35.778,0 Km Apogeo: 35.810,5 Km
	<b>Plataforma</b>	LS-1300
	<b>Período Orbital</b>	24 Horas
	<b>Vida útil</b>	15 Años
	<b>Peso</b>	5565 Kg
	<b>Carga útil</b>	48 transpondedores de banda Ku para dar cobertura a todo el territorio brasileño y la expansión del servicio al Oeste de Sur y Centroamérica, así como a México y Estados Unidos continental.
	<b>Alimentación</b>	Eléctrica por medio de paneles solares.
	<b>Aplicación</b>	Servicios de Comunicaciones en Brasil, al oeste de Sudamérica y de Centroamérica, además de México y de Estados Unidos continental.

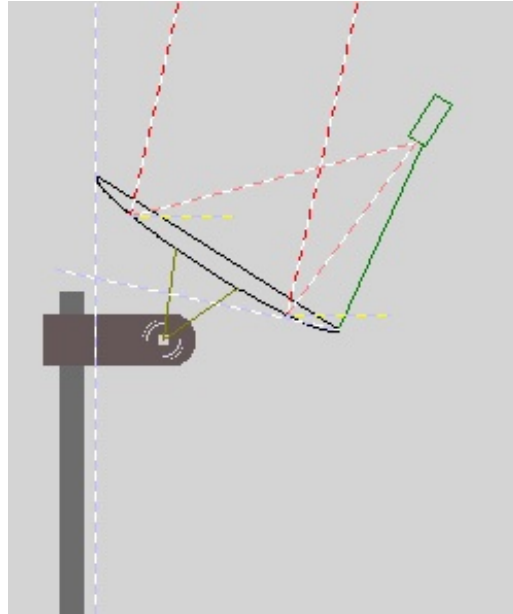
*Fuente: Villarroel (2020)*

**Tabla 7. Conexión de TDH con el Star One C4**

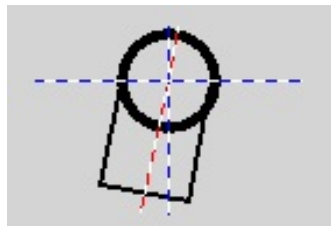
Ángulo de Elevación	77.81°
Ángulo de Azimut	191.18°
Banda de Frecuencia	Ku
Diámetro de la Antena (Altura)	80 cm
Diametro de la Antena (Anchura)	75 cm
Inclinación LNB	11.00°
Tardanza de la señal (Uplink + Downlink)	239.39 ms

*Fuente: Villarroel (2020)*

Para el Satelite Artificial Star One C4 la antena se debe encontrar orientada a 70° Oeste y con un ángulo de elevación en el municipio San Diego – Estado Carabobo de 71,81°, es importante recordar que dicho ángulo es elevación de la antena desde el horizonte para localizar el satélite en cuestión, como se muestra en la Figura 19. En cuanto al LNB, es un dispositivo utilizado en la recepción de señales procedentes de satélites, cuya inclinación es de 11° y su posición se muestra en la Figura 20.



**Figura 19. Posición de la Antena orientada al Star One C4**  
*Fuente: <https://satlex.it/>*



**Figura 20. Posición del LNB Star One C4**  
*Fuente: <https://satlex.it/>*

#### **4.2. Análisis de las posibles alternativas de conectividad con satélites artificiales: AMC 21, NSS 7, Satmex 6 y Satmex 8.**

Las comunicaciones satelitales están constituidas por radiación electromagnética dirigida y formada por la combinación de campos eléctricos y magnéticos, que se propagan a través del espacio en forma de ondas portadoras de energía. Las ondas electromagnéticas tienen las vibraciones perpendiculares a la dirección de propagación de la onda, similares en algunas de sus características a los enlaces entre estaciones ubicadas sobre la superficie terrestre. Los enlaces de subida (Uplink) y bajada (Downlink), consisten en portadoras de radio frecuencia (RF) y señales ópticas moduladas, por lo general, son moduladas por señales de banda base

cuando se trata de información para propósitos de comunicación. Es por ello, que es importante, tener claro todos los conceptos necesarios para tener todo el conocimiento teórico para realizar un buen análisis.

Si bien, el objetivo que se desea lograr, se llevó a cabo mediante una búsqueda constante exhaustiva e investigación de satélites artificiales que pueden ser elegibles para poner en marcha el servicio de TDH como un plan de contingencia a futuro, en caso de que ocurra una situación igual o similar a la ocurrida con el satélite artificial VeneSat-1, por lo tanto, hay que tener en cuenta las principales características que contienen los 3 satélites artificiales venezolanos: VeneSat-1, VRSS-1 y VRSS-2, (como se muestran en la Tabla. 8), en comparación con los 4 satélites artificiales que fueron seleccionados para esta investigación en estudio (como se muestran en la Tabla 9), los cuales son: AMC 21 de Estados Unidos , NSS 7 de los Países Bajos, Satmex 6 actualmente llamado como Eutelsat 113 Oeste A y Satmex 8 actualmente llamado como Eutelsat 117 Oeste A estos dos últimos son de México, este cambio de nombre de los satélites se debe a que estos satélites artificiales fueron transferidos de Satmex a Eutelsat cuando las empresas se fusionaron en 2014, pasando a denominarse como parte de la flota de Eutelsat en mayo de 2014.

**Tabla 8. Satélites Artificiales Venezolanos**

		Satélites Artificiales		
		VENESAT-1 (Satélite Simón Bolívar)	VRSS-1 (Satélite Miranda)	VRSS-2 (Satélite Sucre)
<b>Parámetros</b>	<b>Fecha de lanzamiento</b>	28 de Octubre de 2008	29 de Septiembre de 2012	6 de Septiembre de 2017
	<b>Nación</b>	Venezuela	Venezuela	Venezuela
	<b>Tipo de Orbita</b>	Geoestacionaria (GEO)	Órbita Solar Sincrónica (SSO)	Órbita Solar Sincrónica (SSO)
	<b>Posición</b>	78° Oeste	En movimiento	En movimiento
	<b>Altitud</b>	Perigeo: 35830,4 Km Apogeo: 36309,9 Km	Perigeo: 622 Km Apogeo: 654 Km	Perigeo: 634,6 Km Apogeo: 663,7 Km
	<b>Plataforma</b>	DHF4	CAST-2000	CAST-2000
	<b>Período Orbital</b>	24 Horas	97 minutos (14 vueltas por día)	96 - 100 minutos (15 vueltas por día)
	<b>Vida útil</b>	15 Años	5 Años (Continua Activo)	5 Años
	<b>Peso</b>	5100 Kg	880 Kg	1000 Kg
	<b>Carga útil</b>	28 Transpondedores: 12 bandas C, 2 de banda Ka y 14 de banda KU. 5 Antenas: (2 Ku, 1 C, 1 KA) 1 TT&C	Sistema de control (AOCS- Attitude and Orbit Control subsystem): Actuadores, Sensores. Capacidad de almacenamiento a bordo, Sistema de comunicación Terrestre, Detectores.	2 Cámaras: 1 Cámara de Alta Resolución Pancromática y Multiespectral y 1 Cámara Infrarroja. 8 Antenas (2 de transmisión de Datos y 6 de Telemetría, Seguimiento y Control)
	<b>Alimentación</b>	Eléctrica por medio de paneles solares	Eléctrica por medio de paneles solares	Eléctrica por medio de paneles solares
	<b>Aplicación</b>	Transmisión de servicios de datos por Internet, telefonía, televisión, telemedicina y tele educación.	Planificación urbana y agrícola, seguridad alimentaria, gestión de recursos naturales, vigilancia de fronteras, gestión de desastres naturales, entre otros.	Planificación agroalimentaria, Gestión de riesgos, Desarrollo urbanístico, Seguridad ciudadana, Control de la soberanía.

*Fuente: Villarroel (2020)*

**Tabla 9. Satélites Artificiales Elegibles**

		Satélites Artificiales			
		AMC 21	NSS 7	Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A)	Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A)
<b>Parámetros</b>	<b>Fecha de lanzamiento</b>	14 de Agosto 2008	16 de Abril de 2002	27 de Mayo de 2006	26 de Marzo de 2013
	<b>Nación</b>	Estados Unidos	Países Bajos	México	México
	<b>Tipo de Órbita</b>	Geoestacionaria (GEO)	Geoestacionaria (GEO)	Geoestacionaria (GEO)	Geoestacionaria (GEO)
	<b>Posición</b>	125° Oeste	20° Oeste	113° Oeste	117° Oeste
	<b>Altitud</b>	Perigeo: 35782,2 Km Apogeo: 35805,3 Km	Perigeo: 35783,4 Km Apogeo: 35804,1 Km	Perigeo: 35783,4 Km Apogeo: 35804,1 Km	Perigeo: 35783 Km Apogeo: 35801 Km
	<b>Plataforma</b>	GEOStar-2	A2100AXS	SSL-1300X	SSL-1300
	<b>Período Orbital</b>	24 Horas	23,93 Horas	23,93 Horas	23,93 Horas
	<b>Vida útil</b>	16 años	15 años	15 años	15 años
	<b>Peso</b>	2500 Kg	4692 Kg	5456 Kg	5474 Kg
	<b>Carga útil</b>	24 Transpondedores en bandas Ku	73 Transpondedores: 37 bandas C y 36 bandas Ku	60 Transpondedores: 36 Transpondedores de banda C y 24 de banda Ku	64 Transpondedores: 24 Transpondedores de banda C y 40 de banda Ku
	<b>Alimentación</b>	Paneles solares despegables y baterías	Paneles solares despegables y baterías	Paneles solares despegable y baterías	Paneles solares despegable y baterías
	<b>Aplicación</b>	Transmisiones de Televisión en Estados Unidos, Canadá, México, Centroamérica y el Caribe.	Radiodifusión, servicios comerciales para Europa, África, Medio Oriente y América.	Servicios de Comunicaciones a las Américas, Hawaii y el Caribe.	Servicios de Comunicación a Norte, Centro y Sudamérica.

*Fuente: Villarroel (2020)*

Teniendo en cuenta todos estos datos de cada uno de los satélites artificiales, esta investigación está enfocada en el estudio de satélites artificiales en la órbita geoestacionaria (GEO), es por ello que a continuación en la Tabla 10, se muestran los parámetros que debían tener configurado los usuarios del servicio TDH ofrecido por CANTV, en el Municipio San Diego – Estado Carabobo, y sus coordenadas son: 10.2590 ° N, 67.9630 ° W, las cuales son de vital importancia ya que los parámetros que debe tener la antena receptora para disfrutar del servicio TDH puede variar dependiendo de la ubicación geográfica de cada usuario.

**Tabla 10. Conexión de TDH con el VeneSat-1**

Ángulo de Elevación	73.19°
Ángulo de Azimut	224.82°
Banda de Frecuencia	Ku
Diámetro de la Antena (Altura)	80 cm
Diametro de la Antena (Anchura)	75 cm
Inclinación LNB	43.92°
Tardanza de la señal (Uplink + Downlink)	240.12 ms

*Fuente: Villarroel (2020)*

Adicionalmente, en la Tabla 11, se muestran los parámetros de los satélites artificiales contemplados en esta investigación, los cuales se encuentran ordenados, teniendo en cuenta la tardanza de la señal.

**Tabla 11. Conexión TDH con Satélites Artificiales Elegibles**

Satélites Artificiales	Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A)	NSS 7	Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A)	AMC 21
Ángulo de Elevación	37.15°	34.04°	33.11°	24.49°
Ángulo de Azimut	259.91°	99.12°	261.15°	263.41°
Banda de Frecuencia	Ku	Ku	Ku	Ku
Diámetro de la Antena (Altura)	80 cm	80 cm	80 cm	80 cm
Diámetro de la Antena (Anchura)	75 cm	75 cm	75 cm	75 cm
Inclinación LNB	75.65°	(-)76.30°	76.48°	77.83°
Tardanza de la señal (Uplink + Downlink)	253.38 ms	255.09 ms	255.62 ms	260.81 ms

*Fuente: Villarroel (2020)*

#### 4.2.1. Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A)

El Eutelsat 113 Oeste A (Figura 21), es un satélite de comunicaciones construido para México por Space Systems / Loral, en las instalaciones de SS / L en Palo Alto, California. Uno de sus objetivos es la Televisión y Radio, cumpliendo los requerimientos necesarios para poder ser usado y prestar el servicio de TDH. También se puede mencionar que dicho satélite artificial posee una huella en la banda Ku en el Municipio San Diego – Estado Carabobo, como se muestra en la Figura 22. El satélite se encuentra con respecto a esta ubicación aproximadamente a 38000 km.



**Figura 21. Satélite Artificial Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A)**

*Fuente: [https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/satmex-6.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/satmex-6.htm)*



**Figura 22. Huella Banda Ku de Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A)**

*Fuente: <https://www.satbeams.com/footprints?beam=5528>*

#### 4.2.2. NSS 7

El NSS-7 (Figura 23), es un satélite artificial de telecomunicaciones híbrido de banda Ku y C que proporciona servicios satelitales fijos, operó inicialmente a 22 ° de longitud oeste sobre el Océano Atlántico, brindando cobertura a toda África. En mayo de 2012 se trasladó a la ubicación 20 ° Oeste para hacerse cargo de las funciones de NSS 5. También posee una huella en el Municipio San Diego - Estado Carabobo, encontrándose a una distancia aproximada de 38180 km, (Figura 24)



**Figura 23. Satélite Artificial NSS 7**

*Fuente: [https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/nss-7.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/nss-7.htm)*

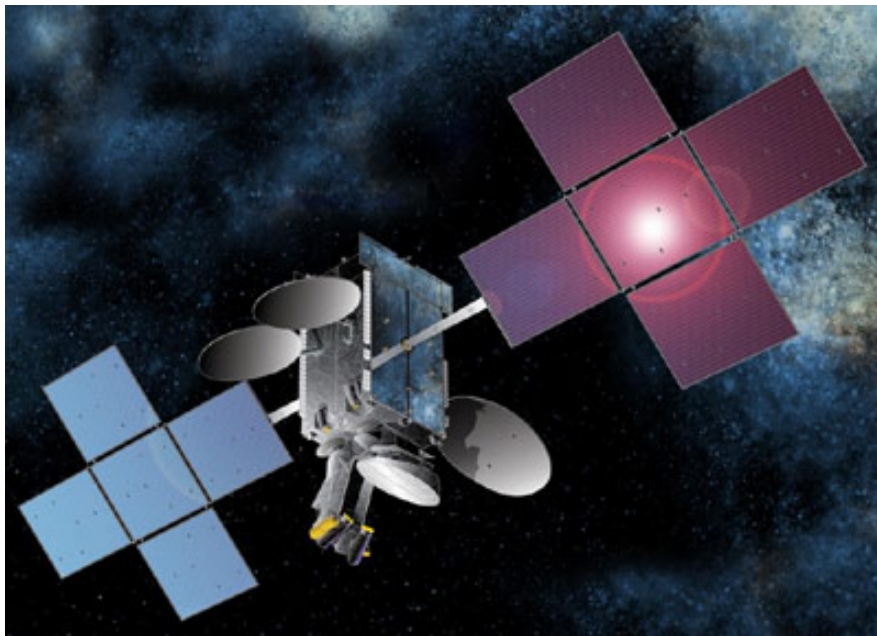


**Figura 24. Huella Banda Ku de NSS 7**

*Fuente: <https://www.satbeams.com/satellites?norad=27414>*

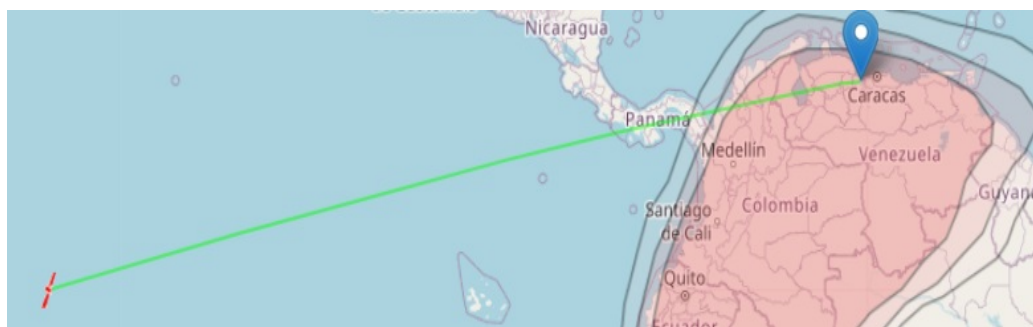
### 4.2.3. Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A)

El Eutelsat 117 Oeste A (Figura 25), es un satélite artificial de banda Ku y C de alta potencia que reemplaza a Satmex 5 y proporcionará servicios por Satélite Fijo (FSS) en América del Norte y Sur y está siendo utilizado para brindar servicios de comunicación a Norte, Centro y Sudamérica, con banda ancha, voz servicios de transmisión de datos y transmisión de video. Posee huella en la banda Ku en el Municipio San Diego – Estado Carabobo como se muestra en la Figura 26, y además se encuentra a una distancia aproximada de 38450 km.



**Figura 25. Satélite Artificial Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A)**

*Fuente: [https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/satmex-8.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/satmex-8.htm)*



**Figura 26. Huella Banda Ku de Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A)**

*Fuente: <https://www.satbeams.com/footprints?beam=7521>*

#### 4.2.4. AMC 21

El AMC 21 o también llamado Americom 21 (Figura 27), es un satélite artificial de comunicaciones de banda Ku y es utilizado para señales de televisión abierta para Canadá el Caribe, México y los Estados Unidos, equipado con 24 transpondedores de banda Ku. La banda Ku dedicada al Caribe tiene huella en el Municipio San Diego – Estado Carabobo, como se muestra en la Figura 28, encontrándose a una distancia del satélite artificial aproximada de 39220 km.



**Figura 27. Satélite Artificial AMC 21**

*Fuente: [https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/amc-21.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/amc-21.htm)*



**Figura 28. Huella Banda Ku de AMC 21**

*Fuente: <https://www.satbeams.com/footprints?beam=5768>*

### 4.3. Diseño de la configuración en tierra necesaria para lograr restablecer el servicio de TDH en el municipio San Diego – Estado Carabobo.

Luego de haber realizado el análisis de las posibles alternativas de conectividad con los satélites artificiales elegibles, se procedió al diseño de la configuración necesaria para cada uno de ellos para restablecer el servicio TDH en el municipio San Diego – Estado Carabobo, donde se tiene que cumplir ciertos parámetros, como el ángulo de elevación y azimut en la antena de cada usuario, esto se debe a que los distintos satélites artificiales se encuentran en diferentes posiciones orbitales. La elevación es el ángulo que forma la línea que une el foco de la parabólica con el satélite con respecto a la horizontal. Por lo tanto, será dicho ángulo el que deberá poseer el eje de la parabólica para tener una orientación correcta hacia el satélite. El Azimut, es el ángulo horizontal que habrá que girar la parabólica sobre su punto de apoyo vertical para que la dirección de su eje coincida con la proyección horizontal de la línea que une el foco de la parabólica con el satélite. Para la obtención de estos ángulos se realizaron unos cálculos mediante el uso de fórmulas, las cuales son las siguientes empezamos por el cálculo del ángulo de elevación:

$$Elevación = \arctg \frac{\cos\beta - 0,15127}{\text{sen}\beta} \quad (8)$$

$$\beta = \arccos(\cos\phi \cos\theta) \quad (9)$$

Se debe tener en cuenta que, para lograr una orientación correcta de la antena parabólica, es usar como referencia el borde del reflector, que forma un ángulo de 90° respecto al eje, de esta manera el ángulo a inclinar la parabólica será el complementario del calculado, de la siguiente manera.

$$E_c = 90^\circ - Elevación \quad (10)$$

Sin embargo, la expresión anterior es para el cálculo de antenas parabólicas de foco centrado. En esta investigación, el servicio de TDH utiliza antenas Off-set, el uso de este tipo de antena es debido a su mayor eficiencia, ya que la posición de la unidad exterior en este tipo de antenas evita el sombreado parcial sobre la recepción de la

señal, por lo tanto, será necesario modificar el ángulo de elevación calculado en la ecuación (10), sumándole el ángulo que define la superficie parabólica Off-set, generalmente es de  $26,6^\circ$ , dicha expresión es la siguiente:

$$E_c(Off\ set) = E_c + 26,6^\circ \quad (11)$$

Luego, se procedió a la realización de los cálculos de los ángulos de azimut, las cuales vienen dadas por la siguiente expresión:

$$Azimut(Sur) = arctg \frac{tg\phi}{sen\theta} \quad (12)$$

Donde  $\phi$  es la diferencia entre la longitud del lugar de colocación de la antena de recepción y la longitud del satélite artificial, como se muestra a continuación. Con respecto a  $\theta$  es la latitud del lugar donde se encuentra colocada la antena receptora.

$$\phi = Lon_{Ciudad} - Lon_{Sat} \quad (13)$$

Se debe mencionar que se pueden obtener valores positivos o negativos, donde se tiene que tener en cuenta que los ángulos positivos son en sentido horario y los negativos en sentido opuesto. Además, el azimut calculado debe ser medido con una brújula, que apunta al norte magnético, es por ello que será necesario corregir el valor obtenido sumándole el ángulo de declinación magnética del lugar, la cual se obtiene mediante el uso nuevamente de la brújula y es la diferencia entre el campo magnético terrestre local y el indicado por la brújula. Esta diferencia, es expresada en forma de ángulo. La declinación es considerada de valor positivo cuando el norte magnético se encuentra al este del norte verdadero, y viceversa cuando se encuentra al oeste.

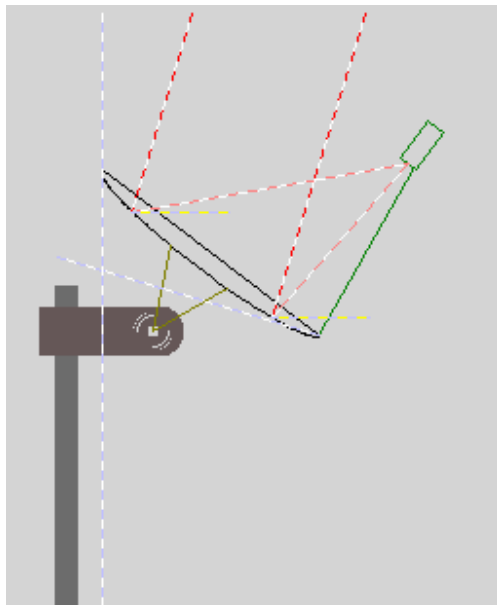
Por otro lado, el usuario debe tener a la mano los siguientes componentes del kit, para poder disfrutar del servicio:

- Decodificador.
- Tarjeta de acceso.
- Control remoto.
- Cable de Vídeo VGA/HDMI.
- Cable coaxial.
- LNB.

- Antena.

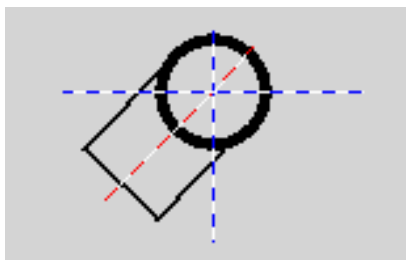
#### 4.3.1. Posición de la Antena y LNB

Se sabe que la posición para el Satélite Artificial VeneSat-1, la antena se encontraba orientada a  $78^\circ$  Oeste y con un ángulo de elevación en el municipio San Diego – Estado Carabobo de  $73,19^\circ$ , es importante recordar que dicho ángulo es elevación de la antena desde el horizonte para localizar el satélite en cuestión, como se muestra en la Figura 29. En cuanto al LNB, es un dispositivo utilizado en la recepción de señales procedentes de satélites, cuya inclinación es de  $43,92^\circ$  y su posición se muestra en la Figura 30.



**Figura 29. Posición de la Antena orientada al VeneSat-1**

*Fuente: <https://satlex.it/>*

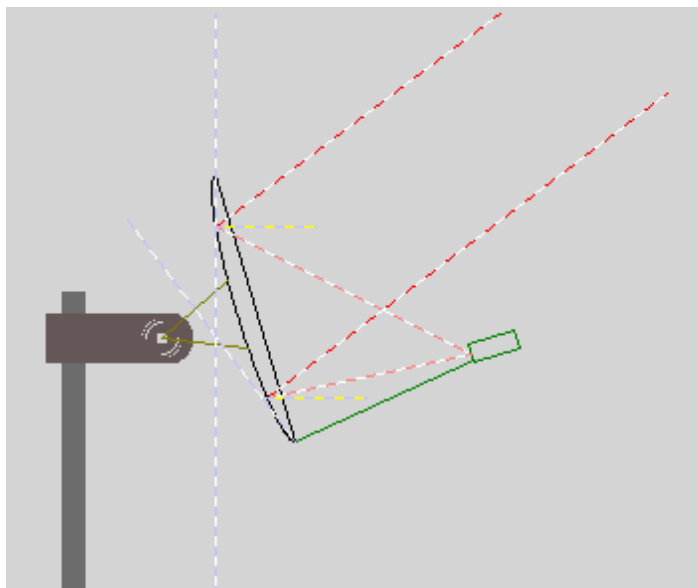


**Figura 30. Posición del LNB VeneSat-1**

*Fuente: <https://satlex.it/>*

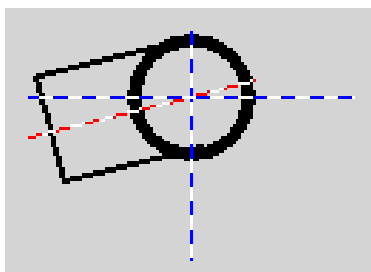
- **Satélite Artificial Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A)**

La posición que debe tener la antena para la recepción de la señal de este satélite artificial que se encuentra en una posición orbital de 113° Oeste, con un ángulo de elevación de 37,15°, este se puede visualizar en la Figura 31 y el ángulo de azimut es de 259.91° como se muestra en la Figura 32. Teniendo en cuenta la característica de la huella que ofrece este satélite en el Municipio San Diego- Estado Carabobo, tiene una potencia radiada isotrópicamente efectiva o equivalente (PIRE) de 49 dBW en la banda Ku y la antena recomendada es de 65 cm como mínimo.



**Figura 31. Posición de la Antena orientada al Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A)**

*Fuente: <https://satlex.it/>*

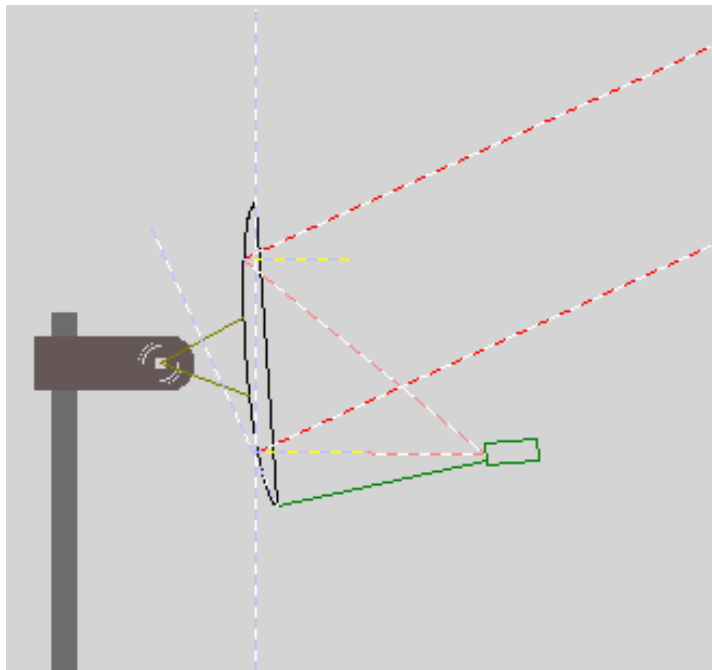


**Figura 32. Posición del LNB Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A)**

*Fuente: <https://satlex.it/>*

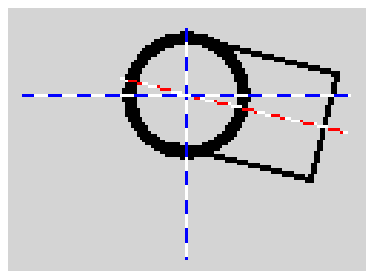
- **Satélite Artificial NSS 7**

La posición de la antena para la recepción de señal de dicho satélite artificial con una posición orbital de 20° Oeste, su un ángulo de elevación en el municipio San Diego – Estado Carabobo es de 34.04°, y un ángulo de azimut de 99.12° como se muestra en la Figura 33 y 34 respectivamente. Teniendo en cuenta la característica de la huella que tiene este satélite en el Municipio San Diego- Estado Carabobo, tiene un PIRE de 49 dBW en la banda Ku y la antena recomendada es de 65 cm como mínimo.



**Figura 33. Posición de la Antena orientada al NSS 7**

*Fuente: <https://satlex.it/>*

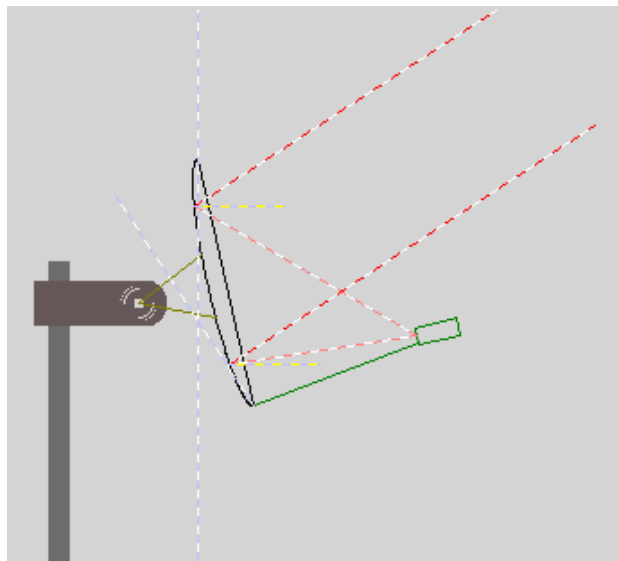


**Figura 34. Posición del LNB NSS 7**

*Fuente: <https://satlex.it/>*

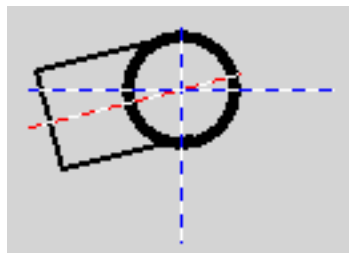
- **Satélite Artificial Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A)**

La configuración para dicho satélite artificial es similar a la del Satmex 6, pero los valores difieren un poco, ya que se encuentra en posición orbital de  $117^\circ$  Oeste y la posición de la antena en el municipio San Diego – Estado Carabobo, para obtener la señal de dicho satélite tiene que ser con un ángulo de elevación de  $33,11^\circ$  y un ángulo de azimut de  $261,15^\circ$  como se muestran en las Figuras 35 y 36. Teniendo en cuenta la característica de la huella que tiene este satélite en el Municipio San Diego- Estado Carabobo, tiene un EIRP de 51 dBW en la banda Ku y la antena recomendada es de 55 cm. Sin embargo, también tiene otra huella en la banda Ku, donde tiene un PIRE de 47 dBW y la antena recomendada es de 75 cm como mínimo.



**Figura 35. Posición de la Antena orientada al Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A)**

*Fuente: <https://satlex.it/>*

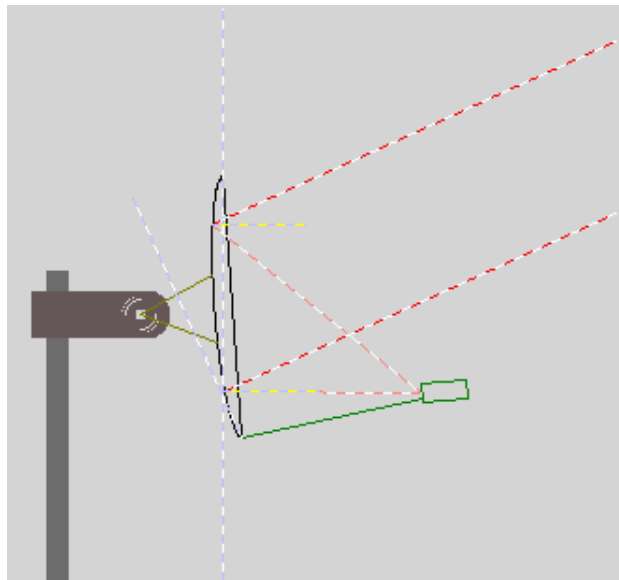


**Figura 36. Posición del LNB Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A)**

*Fuente: <https://satlex.it/>*

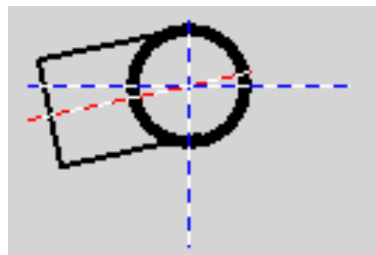
- **Satélite Artificial AMC 21**

Finalmente, nos encontramos con el satélite artificial cuya tardanza de la señal es más lenta, debido a que se encuentra en una posición orbital de  $125^\circ$  Oeste, en el cual la posición de la antena para la recepción de la señal de este satélite artificial en el municipio San Diego – Estado Carabobo, debe tener un ángulo de elevación de  $24.49^\circ$  y con un ángulo de azimut de  $263.41^\circ$ , como se muestre en las Figuras 37 y 38. Teniendo en cuenta la característica de la huella que posee este satélite en el Municipio San Diego- Estado Carabobo, tiene un PIRE de 50 dBW en la banda Ku y la antena recomendada es de 60 cm como mínimo.



**Figura 37. Posición de la Antena orientada al AMC 21**

*Fuente: <https://satlex.it/>*



**Figura 38. Posición del LNB AMC 21**

*Fuente: <https://satlex.it/>*

#### **4.4. Evaluación de la factibilidad técnica, operativa, económica, social y ambiental para la puesta en marcha del servicio de TDH en el municipio San Diego – Estado Carabobo.**

##### **4.4.1. Enfoque Técnico**

La realización de esta investigación es proporcionar alternativas para el restablecimiento del servicio TDH ofrecido a través de la empresa CANTV, por lo tanto, con las alternativas estudiadas y planteadas anteriormente, en donde se presentaron las configuraciones necesarias para la recepción de la señal satelital con cada una de los satélites artificial en estudio. Es por ello, que cada usuario debe dirigirse a las oficinas autorizadas o también puede acceder a la página Web de dicha empresa, para la obtención de la información necesaria para realizar el cambio de la orientación de su antena Off-set y/o realizar la solicitud técnica a la empresa para que realicen los ajustes necesarios y de esta manera poder disfrutar nuevamente de los servicios de TDH.

##### **4.4.2. Enfoque Operativa**

Debido a la falta del servicio TDH durante varios meses y a las quejas y/o solicitudes que presentaron los usuarios ante la falla, esta investigación presenta varias alternativas, las cuales se cuenta con los recursos disponibles para poner en funcionamiento del servicio sin ningún inconveniente, debido a que con los equipos actuales (en poder de los usuarios), funcionaría de manera correcta con cualquiera de los satélites artificiales estudiados. Por lo tanto, las alternativas presentadas con los satélites artificiales elegidos en este proyecto son factibles operativamente, ya que solamente se deben realizar ajustes en la orientación de la antena.

##### **4.4.3. Enfoque económico**

La visión de este proyecto es la puesta en marcha del servicio TDH en el Municipio San Diego – Estado Carabobo, siguiendo con los lineamientos que la

empresa CANTV venía proporcionando un servicio de TV satelital a bajo costo, donde los usuarios que ya tienen sus antenas instaladas podrán acceder a la recepción de la señal por un satélite artificial diferente, de esta manera se continua manteniendo el acceso de TV de bajo costo, ya que, los ajustes que se necesiten realizar los pueden realizar sin ningún tipo de inconveniente por el usuario, es decir, no se necesita la ayuda técnica que puede generar algún costo adicional al usuario.

#### **4.4.4. Enfoque Social**

Esta investigación se trata de un avance en cuanto al estudio de los satélites artificiales los cuales pueden tener múltiples usos donde uno de ellos es la TV Satelital, en este caso estudiamos el servicio TDH, dando beneficios a la población a quien va dirigida, en especial aquellos en donde no existe la infraestructura para la TV convencional. El restablecimiento del servicio TDH, les devolverá a los usuarios el disfrute, el entretenimiento y mantener informada a los usuarios que conforman la sociedad del Municipio San Diego – Estado Carabobo.

#### **4.4.5. Enfoque Ambiental**

Teniendo en cuenta los problemas ambientales que se encuentran presentes en el planeta tierra, el servicio de TDH vendría a:

- Aportar una disminución en la fabricación de plástico en grandes cantidades que generalmente producen residuos sólidos que afectan al planeta tierra.
- Reducción del impacto visual en los casos donde el cableado se distribuye de manera área, y de esta manera también se reducen los daños al patrimonio cultural.
- En el mercado de los televisores, se han generado una renovación masiva de estos aparatos, por consiguiente, el retiro de los antiguos televisores que en muchos casos pasan a ser desechos eléctricos y/o electrónicos generando focos de contaminación cuando no son tratados debidamente.
- La proliferación de las antenas satelitales en las fachadas de las casas, terrazas de los edificios, balcones de los apartamentos, entre otros, vienen a

ser un foco de contaminación visual ya que estos espacios no poseen un lugar apropiado para ello.

## CONCLUSIONES

La presente investigación, planteó una problemática actual en el municipio San Diego – Estado Carabobo, donde el servicio de TDH quedo fuera de servicio tras una falla y de esta manera actualmente se encuentra fuera de servicio, ocasionando que los usuarios dejaran de disfrutar los numerosos servicios que este mismo ofrecía, a través del enlace satelital. Sin embargo, la empresa CANTV logró migrar el servicio TDH al Satélite Artificial Star One C4.

En tal sentido, se procedió a realizar una exhaustiva investigación de la población de los satélites artificiales activos que se encuentran en órbita, los cuales solo una pequeña muestra de ellos se seleccionó por tener similitudes en su carga útil con el satélite artificial VeneSat-1, por donde se retransmitía el servicio TDH, dichos satélites artificiales seleccionados son el Satmex 6 (Eutelsat 113 Oeste A), NSS 7, Satmex 8 (Eutelsat 117 Oeste A) y AMC 21, por otro lado una posible alternativa seria la activación y adelanto del proceso de diseño, desarrollo y construcción de un nuevo Satélite Artificial, lo más antes posible que ayude a soportar todos los servicios que se ofrecían por el VeneSat-1, otra de ellas es que mediante las alianzas que mantiene el país venezolano con otros países, que tienen satélites artificiales operativos puedan apoyar, logrando mantener a la población con los servicios activos, evitando que se repita lo sucedido con el VeneSat-1.

Por consiguiente, se realizó el diseño para realizar todos los ajustes necesarios y se realizaron cálculos para la obtención de los ángulos de elevación y azimut para cada uno de los usuarios suscritos al servicio, y de esta manera captar la señal de los diferentes satélites artificiales mencionados anteriormente, De acuerdo a la evaluación realizada entre los satélites artificiales seleccionados (geoestacionarios) se puede lograr la activación de los servicios prioritarios para el pueblo venezolano y en especial el servicio de Televisión Satelital (TDH) a la comunidad del Municipio San Diego del estado Carabobo, a través de los satélites previamente seleccionados por cumplir con

los requisitos mínimos necesarios, a excepción de uno de ellos que ya cumplió con su vida útil. En tal sentido, se puede inclinar la balanza hacia el satélite artificial SATMEX 6 por ser el satélite con mayor tiempo de vida restante y podría ser el tiempo necesario para que el gobierno de Venezuela pueda construir otro satélite que le garantice su soberanía tecnológica.

Finalmente, se realizaron evaluaciones en diferentes enfoques que este proyecto puede aportar y/o afectar de manera técnica, operativa, económica, social y ambiental, esta última siendo una de las importantes, ya que aporta un conocimiento preciso sobre los inconvenientes que se pueden ocasionar al ambiente, de esta manera se pueden buscar soluciones y así evitar y disminuir los cambios ambientales que se han venido presentando en la actualidad en el planeta tierra.

## RECOMENDACIONES

- Se debería realizar las pruebas de Comunicación/Transmisión entre la Estación Terrena y los Usuarios Finales (Abonados), haciendo los ajustes necesarios de los parámetros identificados en las tablas de configuración de cada satélite artificial seleccionado para ésta investigación con el objeto de certificar la factibilidad técnica de operatividad. Adicionalmente, se recomienda que entre las variables a evaluar esté: Potencia y Calidad de la señal.
- Realizar estudios e investigaciones para que el servicio de TDH en todo el territorio venezolano y que tenga un plan de contingencia de manera inmediata.
- Realizar propuestas para el restablecimiento de los otros servicios que se ofrecía a través del Venesat-1, como telefonía, fax, video, audio, red digital de servicios integrados y comunicaciones de emergencia.
- Realizar propuestas parecidas en otras zonas del territorio nacional o en su defecto en todo el territorio nacional venezolano.
- Ampliar y aplicar el uso de los satélites artificiales para el beneficio de la humanidad.
- Proponer a la empresa CANTV mantener a su personal capacitado sobre nuevas tecnologías, y muy particularmente en el uso de satélites artificiales para resolver problemas de comunicaciones.
- Realizar estudios y proyectos con el uso de Satélites Artificiales para solventar situaciones de comunicación entre pobladores o habitantes que vivan en lugares muy remotos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Fuentes Bibliográficas

- Andrango, C. (2006). **Implementación de Internet Satelital en una oficina**. Trabajo de pregrado. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación**, Caracas: Episteme, ISBN: 980-07-8529-9.
- Centeno, M. (2016). **Análisis para el uso de satélites en la banda Ka en México**. Trabajo de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). **Metodología de la investigación (6ta. ed.)** D.F., México: McGraw Hill. 600 p. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- Huidobro, J. (2010). **Telecomunicaciones. Tecnologías, redes y servicios**, España: Ra-Ma, ISBN: 978-84-9964-274-1.
- Jiménez, M. (2015). **Estudio de las perturbaciones de las órbitas de los satélites artificiales**. Trabajo de grado. Universidad de Valladolid. España.
- Mijares, H. & García, L. (2006). **Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado**. Universidad José Antonio Páez. Carabobo, Venezuela.
- Monroy, R. (2013). **Experiencias de las Universidades en el desarrollo de pequeños satélites**. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Palella, S. & Martins, F. (2010). **Metodología de la investigación cuantitativa**. Caracas.
- Rosado, C. (2000). **Comunicación por Satélite: Principios, tecnologías y sistemas**, Madrid: AHCIET, ISBN: 84-87-644-42-2.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2002). **Manual de Comunicaciones por Satélite**. New York: Jhon Wiley & Sons, ISBN: 0-471-221-22188-0.

### Fuentes Electrónicas

- ABAE. **Satélite VeneSat-1**. <http://www.abae.gob.ve/web/VENESAT-1.php#tab2> consultada el 24 de marzo del 2020.
- ABAE. **Satélite VRSS-1**. <http://www.abae.gob.ve/web/VRSS-1.php> consultada el 24 de marzo del 2020.

- ABAE. **Satélite VRSS-2.** <http://www.abae.gob.ve/web/VRSS-2.php> consultada el 24 de marzo del 2020.
- Arthur, C. Clarke. (1945). **EXTRA-TERRESTIAL RELAYS.** <http://clarkeinstitute.org/wpcontent/uploads/2010/04/ClarkeWirelessWorldArticle.pdf> consultada el 26 de marzo del 2020.
- CANTV. **Cantv y Movilnet muestran expansión de huella satelital para la inclusión.** <https://www.cantv.com.ve/sala-de-prensa-cantv/noticias/cantv-y-movilnet-muestran-expansion-de-huella-satelital-para-la-inclusion> consultada el 1 de abril del 2020.
- Espada, B. (2019). **Okdiario. ¿Cuántos satélites artificiales hay orbitando la Tierra?** <https://okdiario.com/curiosidades/cuantos-satelites-artificiales-hay-orbitando-tierra-3254514>
- Facultad de Ingeniería UNAM. **Evolución de la Tecnología en Televisión y Sistemas de Comunicación Móvil.** <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/904/A4.pdf?sequence=4> consultada el 14 de mayo del 2020.
- Ley Orgánica de Telecomunicaciones de Venezuela. **Capítulo IV (Del Uso Satelital).** [https://www.oas.org/juridico/spanish/cyb\\_ven\\_ley\\_telecomunicaciones.pdf](https://www.oas.org/juridico/spanish/cyb_ven_ley_telecomunicaciones.pdf) consultada el 5 septiembre del 2020
- Luque, J. (2013). **Comunicaciones por Satélite.** [https://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion\\_e\\_informacion/016001.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion_e_informacion/016001.pdf) consultada el 2 de abril del 2020.
- Peredo, S. (2004). **Capítulo II, Satélites.** [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo2.pdf) consultada el 2 de abril del 2020.
- Satlex. **Cálculos ángulos de Elevación y Azimut.** [https://satlex.it/es/azel\\_calc.html](https://satlex.it/es/azel_calc.html) consultada el 24 de agosto del 2020.
- SatBeams. **Huellas de Satélites Artificiales.** <https://www.satbeams.com/> consultada el 31 de agosto del 2020.