

Bogotá D.C., 05 de julio de 2017

DE: **Vivian Carolina González Cristancho**
Ricardo Andrés Martínez Duque

PARA: **Sonia Patricia Cáceres Martínez**
Subdirectora de Soporte Institucional
CONTRATACIÓN

AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO
CORRESPONDENCIA ENTRANTE
RADICADO: 42166
FECHA: 05-07-17 HORA: 17:45
FOLIOS: 17
ANEXOS: - ANE

ASUNTO: Informe supervisión Contrato No 34 de 2017.

OBJETO DEL CONTRATO:

Desarrollar y validar un modelo de acoplamiento entre antenas localizadas en emplazamientos cercanos en la banda comprendida entre 3 GHz y 20 GHz

CONTRATISTA: Universidad Nacional de Colombia
FECHA DEL CONTRATO: 10 de mayo de 2017
VALOR: Ciento catorce millones de pesos (\$114.000.000) moneda corriente, incluidos todos los impuestos nacionales y distritales a que haya lugar
LUGAR DE EJECUCIÓN: Bogotá D.C.
ACTA DE INICIO: 17 de mayo de 2017
PLAZO DE EJECUCIÓN: Desde la suscripción del acta de inicio por el contratista y el supervisor del contrato, previo cumplimiento de los requisitos de perfeccionamiento y ejecución y hasta el 15 de diciembre de 2017

En mi calidad de supervisor del contrato de la referencia me permito informarles que, en el periodo comprendido entre el 01/06/2017 y el 30/06/2017, durante la ejecución del contrato del asunto, se han realizado las siguientes actividades:

| GESTIÓN O ACTIVIDADES REALIZADAS | | |
|----------------------------------|--|---|
| No. | ACTIVIDAD/ENTREGABLE | OBLIGACIÓN CONTRACTUAL ASOCIADA |
| 1 | Reunión de presentación de la encuesta de levantamiento de información (se adjunta acta de la reunión). | - Asistir a las reuniones que citen los supervisores, durante el tiempo de ejecución del convenio, y presentar en ellas los avances en la ejecución de la propuesta. |
| 2 | Diligenciamiento de la encuesta de levantamiento de información. | - Obtener los resultados esperados según la propuesta y las condiciones establecidas en el presente documento y sus anexos, de acuerdo con las actividades asignadas. |
| 3 | Reunión de resolución de dudas sobre las respuestas a la encuesta de levantamiento de información (se adjunta acta de la reunión). | - Asistir a las reuniones que citen los supervisores, durante el tiempo de ejecución del convenio, y presentar en ellas los avances en la ejecución de la propuesta. |

| GESTIÓN O ACTIVIDADES REALIZADAS | | |
|----------------------------------|---|---|
| No. | ACTIVIDAD/ENTREGABLE | OBLIGACIÓN CONTRACTUAL ASOCIADA |
| 4 | Presentación del informe de especificaciones técnica del proyecto (Documento "Caracterización y definición de los escenarios", adjunto a este informe). | <ul style="list-style-type: none"> - Obtener los resultados esperados según la propuesta y las condiciones establecidas en el presente documento y sus anexos, de acuerdo con las actividades asignadas. - Entregar los informes estipulados en el cronograma de ejecución en formato Word y PDF. |

Así mismo me permito informar que el porcentaje de avance físico del contrato es del 30 y el porcentaje de avance presupuestal es del 30%, como se evidencia en la siguiente tabla:

| | |
|--|----------------|
| VALOR TOTAL DEL CONTRATO | \$ 114 000.000 |
| VALOR EJECUTADO (corresponde a los bienes o servicios que han sido prestados por el contratista y que ya han sido aprobados por el supervisor, independientemente de si han sido facturados y/o pagados) | \$ 34.200.000 |
| VALOR PAGADO | \$ 0 |
| VALOR PENDIENTE POR PAGAR | \$ 34 200.000 |
| SALDO (resultado de restar el "valor ejecutado" del "valor total del contrato", así no se haya pagado al contratista) | \$ 79 800.000 |

Como consecuencia de lo manifestado, a la fecha, el cumplimiento del contrato ha sido: Satisfactorio.

Cordial saludo,


Vivian Carolina González Crisancho
 Supervisor del Contrato


Ricardo Andrés Martínez Duque
 Supervisor del Contrato

Anexo: Acta de reunión 20170606
 Acta de reunión 20172006
 Informe de especificaciones técnicas del proyecto.

FECHA: 06/06/2017 HORA INICIO: 7:20 HORA FIN: _____

TEMA: Proyecto UNAL - Acoplamiento de antenas

OBJETIVO: Presentación del proyecto y comentarios de los ingenieros de la ANE

DESARROLLO DE LA REUNIÓN:

- El profesor Felix presenta el proyecto a ejecutar
- Unión propone que cuando se entregue la herramienta se ~~no~~ capacite a la ANE en su uso
- Validación se va a hacer en los terminos y los rangos donde se cuenta con equipos
- Presentación del equipo de trabajo de la UNAL
- David Murillo expresa nuestro interes en 6,7 y 8 GHz
- ~~Presentación~~ del cuestionario

COMPROMISOS

| ACCIÓN | RESPONSABLE | FECHA |
|---|-------------|-----------|
| Incluir una capacitación sobre uso de herramienta al final del proyecto | UNAL | 15-dic-17 |



ACTA DE REUNION



LISTA DE ASISTENCIA

| NOMBRE | CARGO / ENTIDAD | TELÉFONO | CORREO ELECTRÓNICO | FIRMA |
|-----------------------------|---------------------------|------------|-----------------------------|-----------|
| Natalia Lozano Sierra | Coord. Proyectos / Unal | 3102718974 | nalozenosi@unal.edu.co | Natalia |
| David Becerra Tobo | Investigador aux/Unal | 3153405362 | imbecerra@unal.edu.co | David |
| Alexandro Farnes R | INVESTIGADOR AUX | 3136835034 | JAFARNESC@UNAL.COU.CO | Alexandro |
| Zulma López Reyes. | Investigador auxiliar. | 3114545913 | zulope@unal.edu.co | Zulma |
| Felix Ugo | Prof. asoc | 3165000 | Felix.ugo@unal.edu.co | Felix |
| Nelson E. Hernandez | Prof. Especializado aux | 6000030 | Nelson.hernandez@ane.gov.co | Nelson |
| Vivian Gonzalez | Prof. Especializada | 2857 | vivian.gonzalez@ane.gov.co | Vivian |
| Ricardo A. Montano D | Prof. Especializado | 2853 | ricardo.montano@ane.gov.co | Ricardo |
| David Alberto Murillo | Prof. Especializado | 2864 | david.murillo@ane.gov.co | David |
| Paulette Fernanda Ochoa | Prof. Especializada | 2835 | paulette.ochoa@ane.gov.co | Paulette |
| Gustavo Andrés Vargas Soto. | Prof. Especializado | 2877 | gustavo.vargas@ane.gov.co | Gustavo |
| Javier Hernández Linares | Profesional Especializado | 2877 | javier.hernandez@ane.gov.co | Javier |
| Antonio Álvarez Peralta | Profesional Especializado | 2837 | antonio.alvarez@ane.gov.co | Antonio |
| Rafael Niño U | Profesional Especializado | 2877 | rafael.nino@ane.gov.co | Rafael |



FECHA: 20 / 06 / 2017 HORA INICIO: 7:10 am HORA FIN: 7:50 am
 TEMA: Reunion de seguimiento del proyecto
 OBJETIVO: Realizar seguimiento a las aviones del proyecto
Resolver dudas sobre los cuestionarios resueltos

DESARROLLO DE LA REUNIÓN:

- Se presentaron los dudas sobre la respuesta de los formularios por parte de la Nacional
- Lo que se resolvió los dudas, sobre todo aquellos del caso presentado sobre interferencia en Fm.
- Se discutió la necesidad de considerar la respuesta en frecuencia de los filtros de recepción y máscara de emisión
- Se acordó el envío de información de catálogos de radios y antenas obtenidos en los P50.

COMPROMISOS

| ACCIÓN | RESPONSABLE | FECHA |
|--------------------------|------------------|--------------|
| 1. Información de equipo | Ricardo Martínez | 20 / 06 / 17 |



ACTA DE REUNION



| LISTA DE ASISTENCIA | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-------------|------------------------|----------|--|
| NOMBRE | CARGO / ENTIDAD | TELÉFONO | CORREO ELECTRÓNICO | FIRMA | |
| Neteliza Lozano Sierra | Unal | 31022189774 | netelozans@unal.edu.co | Neteliza | |
| Felix Uejay | Unal | 3001006716 | jfuey@unal.edu.co | Fuey | |
| David Becerra | Unal | 3153403362 | dbecerra@unal.edu.co | David B | |
| Zulma López Reyes | Unal | 3114545913 | zlopez@unal.edu.co | Zulma | |
| Alexandro Amador R | UNAL | 3184836034 | J.A.AMADOR@UNAL.CO | Amador | |
| Ricardo A. Montenegro D | ANE | 3004945994 | montenegro@one.gov.co | Ricardo | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |





UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO
CORRESPONDENCIA ENTRANTE
RADICADO: 41971
FECHA: 23-6-17 HORA: 12:44
FOLIOS: 14
ANEXOS: -



Concepto de Operación (ConOps)

Caracterización y definición de los escenarios

Contrato entre la Agencia Nacional del Espectro y la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá:

“Desarrollo de un modelo para determinación de interferencia entre antenas en emplazamientos próximos, en frecuencias entre 3 y 20 GHz”

Presentado a:

Agencia Nacional del Espectro

Bogotá, Colombia

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
SEDE BOGOTÁ
2017**



1. Introducción

En Colombia la Agencia Nacional del Espectro (ANE) es la entidad gubernamental encargada de asesorar técnicamente al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC en el proceso de asignación de frecuencias. Como parte de dicha tarea, la ANE apoya a el Ministerio de TIC a través del análisis técnico de las solicitudes de espectro y la elaboración de los cuadros de características técnicas. En el caso de enlaces punto a punto, los interesados en usar el espectro deben surtir el Proceso de Selección Objetiva (PSO) del Ministerio, mediante el cual se otorgan los permisos de uso del espectro bajo el principio de pluralidad de proponentes.

Entre los criterios observados para dicho análisis técnico se encuentra la evaluación de las posibles interferencias que un nuevo transmisor pueda ocasionar en receptores cercanos existentes.

Este efecto de interferencia electromagnética puede darse de varias maneras, una de las más comunes se denomina “front door coupling” y comprende el acoplamiento de las señales radiadas entre antenas próximas de enlaces diferentes, ubicadas en el mismo emplazamiento.

Una medida básica para disminuir este acoplamiento y aumentar el “aislamiento” entre las antenas, consiste en alejar las antenas una distancia suficiente para que estas señales no deseadas se atenúen, de manera que la interferencia baje hasta unos niveles que sean tolerables por el sistema interferido

Tomando como base la necesidad de garantizar el aislamiento entre las antenas para la correcta asignación de nuevos enlaces punto a punto, se busca generar una herramienta computacional que soportará al Grupo de ingeniería de la ANE en el proceso de determinar las distancias mínimas entre antenas operando en la banda de frecuencias comprendida entre 3 a 20 GHz.

Este documento está organizado de la siguiente forma: Sección 2 presenta el alcance del documento, Sección 3 lista los documentos usados como referencia por parte de la ANE, Sección 4 explica la situación actual del problema, Sección 5 presenta la justificación del proyecto, Sección 6 presenta la solución propuesta, sección 7 muestra los escenarios operacionales, Sección 8 contiene un resumen



del impacto de la solución propuesta y la Sección 9 presenta las ventajas y limitaciones de la herramienta.

2. Alcance

Esta sección presenta el alcance de este documento, la visión y objetivos del mismo.

2.1 Alcance del documento

Este documento define el problema de interferencias entre las antenas, las circunstancias, parámetros e impactos del mismo. Asimismo, identifica los actores estratégicos y describe el procedimiento que se realizan actualmente para afrontar el problema y las características esperadas de la herramienta computacional.

2.2 Visión general del sistema

La Agencia Nacional del Espectro planea contar con la herramienta computacional con el fin de asignar correctamente la distancia mínima entre antenas de distintos enlaces punto a punto que trabajan a la misma frecuencia. La herramienta permitirá calcular el aislamiento a una frecuencia dada según los parámetros que afecten la interferencia, los cuales serán identificados durante la ejecución de este proyecto.

2.3 Objetivo general

Desarrollar y validar un modelo de acoplamiento entre antenas localizadas en emplazamientos cercanos en la banda comprendida entre 3 GHz y 20 GHz.

2.4 Objetivos específicos

- ❖ Determinar un método de análisis teórico o numérico, base para el estudio de aislamiento y acoplamiento de antenas en las bandas consideradas.
- ❖ Implementar y ejecutar escenarios canónicos de simulación del problema bajo análisis.
- ❖ Determinar las variables que influyen de manera principal en el acoplamiento entre antenas en los escenarios considerados.



- ❖ Validar experimentalmente los resultados obtenidos en el modelo.
- ❖ Generar un documento resumen de la metodología a aplicar por parte de la ANE para determinar las distancias mínimas entre reflectores ubicados en el mismo emplazamiento o en emplazamientos cercanos.
- ❖ Desarrollar una herramienta computacional, basada en el modelo de acoplamiento, para uso de la ANE de manera que se puedan anticipar niveles de aislamiento dado un escenario.

3. Documentos de referencia

En esta sección se presenta la reglamentación y las normas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones que tiene en cuenta la ANE para la gestión del espectro en la tarea de determinación de viabilidad de enlaces:

1. Recomendación UIT-R BS.1698. Evaluación de los campos procedentes de los sistemas de transmisión de radiodifusión terrenal que funcionan en cualquier banda de frecuencias para determinar la exposición a radiaciones no ionizantes: proporciona una base para la obtención y estimación de los valores de la radiación electromagnética procedente de una estación de radiodifusión que se producen a ciertas distancias del emplazamiento del transmisor. Incluye sugerencias para: realizar los cálculos de intensidad de campo, medir la intensidad de campo dependiendo de la banda de frecuencia de interés, y elegir los instrumentos según sus especificaciones para obtener mediciones adecuadas.
2. Recomendación UIT-REC-K.52. Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos: Provee técnicas y procedimientos para evaluar la exposición a campos en la banda de 8.3 kHz a 300 GHz y limitar la exposición de los trabajadores y el público en general a esta radiación, si los límites se exceden.
3. Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias – CNABF Colombia: es un documento compuesto por 8 secciones que contemplan, entre otros, los siguientes aspectos: términos y definiciones, nomenclatura, atribución de frecuencias, notas colombianas y notas internacionales.
4. Reglamento de Radiocomunicaciones: cubre temas tanto jurídicos como técnicos, sirve como un instrumento supranacional para la gestión internacional óptima del espectro radioeléctrico.



5. Planificación de radioenlaces de visibilidad directa¹ : se describe de forma general la planificación de la viabilidad de los sistemas de radioenlaces de visibilidad directa. Su objetivo principal es asegurar que un radioenlace obtenga los requisitos de cumplimiento y disponibilidad requeridos.

4. Situación actual

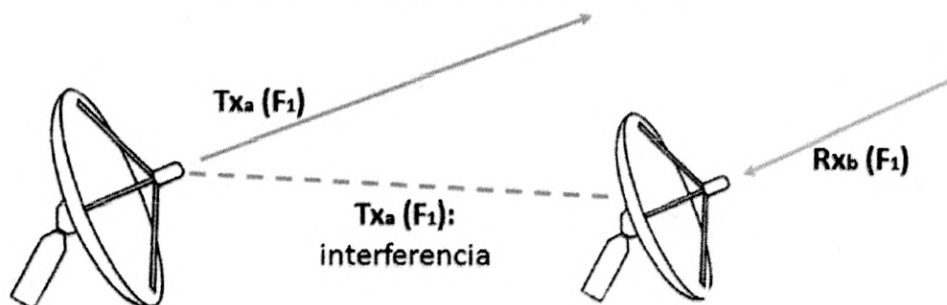
En esta sección se define el problema y describe el procedimiento actual que lleva a cabo la ANE para darle solución.

4.1 Antecedentes

La ANE en el marco de sus funciones, debe asignar eficientemente el espectro electromagnético. Por lo cual, debe analizar la viabilidad de nuevas solicitudes de espectro.

En el caso de enlaces punto a punto, el problema bajo análisis en el presente proyecto, se resume a determinar si el umbral de recepción de una antena receptora se degrada debido a la presencia de una antena transmisora de un enlace nuevo o preexistente, cuando ambas antenas se encuentran en emplazamientos próximos. Un ejemplo de este problema se muestra en la figura 1.

Figura 1. Interferencia entre un transmisor (Tx_a) y un receptor (Rx_b) de distintos enlaces en la misma frecuencia F_1



Fuente: elaboración propia

¹ I. Henne, P. Thorvaldsen, *Planificación de radioenlaces de visibilidad directa*, Nera, 2002.



En caso que no haya degradación, el enlace de la antena transmisora se considera viable.

Entre los criterios usados actualmente para determinar la viabilidad del enlace se encuentra la distancia entre el transmisor interferente y el receptor potencialmente interferido. Por lo tanto, un problema subsecuente es encontrar la distancia mínima entre las antenas transmisora y receptora de dos enlaces diferentes, tal que el enlace de la antena transmisora sea viable.

Actualmente, no se dispone de metodologías suficientemente fundamentadas, donde se valide o recomiende esta distancia mínima de separación para evitar interferencias.

El rango de frecuencias de interés de este problema se encuentra entre 3 y 20 GHz, especialmente entre 4 y 8 GHz donde es típico contar con antenas de gran tamaño en sitios de transmisión de gran relevancia.

4.2 Políticas

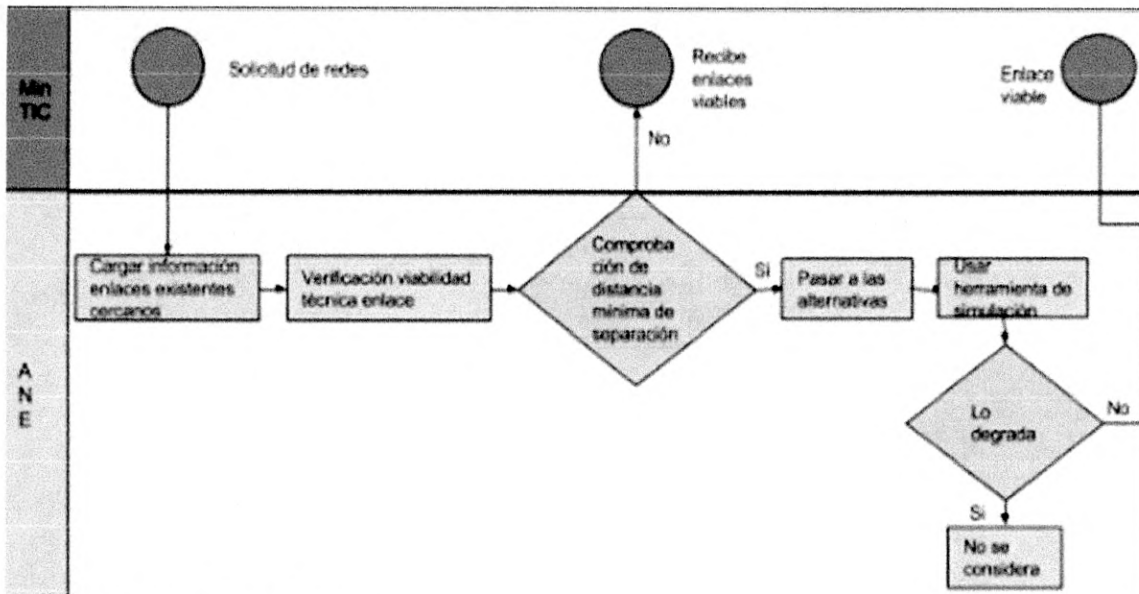
El documento base que provee los lineamientos estratégicos de las políticas públicas que conciernen al manejo, asignación, vigilancia y control del espectro electromagnético están contenidos en la Ley 1341 de 2009, por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC- y se crea la Agencia Nacional del Espectro.

4.3 Descripción del sistema o situación actual

La representación gráfica del proceso de asignación de frecuencias para enlaces punto a punto se muestra en la figura 2. MINTIC y la ANE realizan PSO 3 veces al año, donde se reciben alrededor de 2000 solicitudes de espectro. De allí se derivan aproximadamente 500 análisis de interferencia por año, de los cuales 100 pueden ser debido a proximidad entre las antenas.



Figura 2. Flujo del procedimiento actual



Fuente: elaboración propia

Posteriormente, el área de Ingeniería de Espectro de la Subdirección de Gestión y Planeación Técnica del Espectro de la ANE evalúa la viabilidad técnica de los enlaces solicitados. Para este fin se utilizan: (i) manuales internos para análisis de enlaces en software especializado, (ii) bases de datos acerca de viabilidades positivas de las solicitudes de espectro pasadas, (iii) análisis teóricos soportado en normas de la UIT. Es importante mencionar que los manuales y las bases de datos no están disponibles a entidades o personas externas a la ANE.

Como resultado de los análisis, la ANE entrega los Cuadros de Características técnicas de Red – CCTR de cada uno de los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones, únicamente con los enlaces que fueron denominados como viables. Un enlace es viable si no degrada significativamente el funcionamiento de algún enlace existente.

En caso que el enlace sea determinado como no viable, se verifican las alternativas suministradas por los proveedores de servicios de telecomunicaciones a través de simulaciones con softwares especializados, las cuales incrementan el tiempo necesario para determinar la viabilidad. En caso que ninguna alternativa sea viable, la solicitud se descarta.



4.3.1 Viabilidad de un enlace a través de análisis teórico

Actualmente, la ANE toma como distancia mínima entre el transmisor interferente y el receptor potencialmente interferido, la distancia correspondiente al radio de la zona de campo cercano. Esta se calcula a partir de las dimensiones de la antena y la frecuencia de operación del radio-enlace, según la recomendación de la UIT-R BS.1698 (*Evaluación de los campos procedentes de los sistemas de transmisión de radiodifusión terrenal que funcionan en cualquier banda de frecuencias para determinar la exposición a radiaciones no ionizantes*) y UIT-REC-K.52 (*Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición humana a los campos electromagnéticos*) con la siguiente ecuación:

$$d = 2D^2/\lambda$$

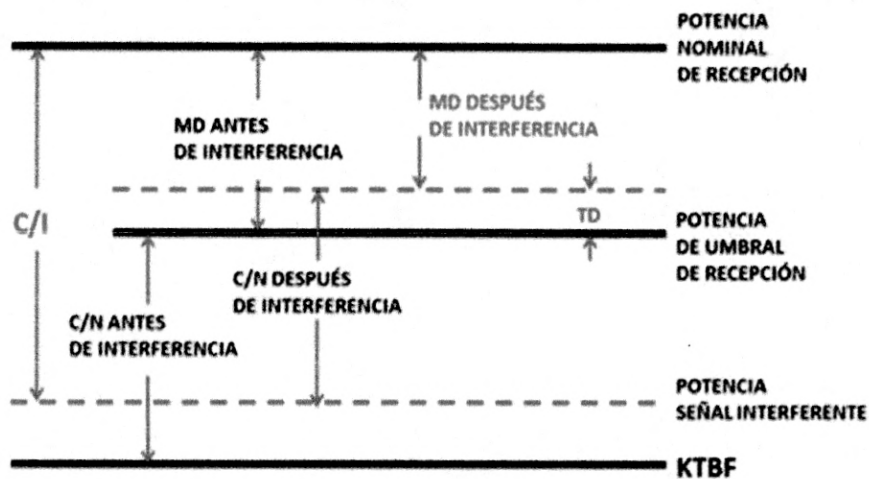
Donde D es el diámetro de la antena y λ es la longitud de onda.

Si el criterio anterior no es suficiente, se procede a simular la interferencia de las antenas considerando la polarización, dimensiones y separación entre las antenas; la distancia entre canales en el dominio de la frecuencia, la potencia de transmisión (PIRE) de la antena del nuevo enlace.

Lo anterior proporciona la potencia de la señal interferente recibida en la antena receptora debida al enlace nuevo, lo cual permite calcular cuánto se degenera el umbral de recepción, tal y como se muestra en la figura 3, donde C/I es la relación portadora a interferencia, C/N es la relación portadora a ruido, $KTBF$, es el ruido de fondo, MD es el margen de desvanecimiento y TD es la degradación del umbral.



Figura 3. Interacción entre las distintas magnitudes del enlace



Fuente: Grupo de Ingeniería de la subdirección de gestión y planeación de la ANE

4.4 Actores estratégicos

Esta sección describe el papel actual de cada entidad en el procedimiento actual:

- ❖ **Agencia Nacional del Espectro (ANE):** Es la entidad encargada de hacer la vigilancia y control del Espectro radioeléctrico en Colombia. En el tema de interferencia de antenas es la responsable de validar la viabilidad técnica de los enlaces.
- ❖ **Ministerio de Tecnologías de la información y las Comunicaciones (MinTIC):** De acuerdo con la Ley 1341, es la entidad que se encarga de diseñar, planear y promover las políticas y proyectos del sector de tecnología.
- ❖ **Proveedores de servicio de telecomunicación:** Entidades interesadas en utilizar el espectro para prestar servicios de telecomunicaciones, por ejemplo: Claro americas, Movistar, Tigo, Avantel, entre otros.



Figura 4. Actores estratégicos



Fuente: elaboración propia

5. Justificación y naturaleza de los cambios

La ANE considera que la solución actual que se aplica al problema es susceptible de ser mejorada. Para el efecto debería construirse un modelo que tome en cuenta otros factores propios de la naturaleza del problema, tales como el efecto del patrón de radiación, ángulos de transmisión, altura de las antenas, etc.

Desarrollar una metodología para optimizar el proceso de cálculo de las distancias mínimas, contribuiría a mejorar las condiciones de operación de los nuevos enlaces, hacer un mejor uso de los emplazamientos, solucionar controversias entre usuarios y agilizar los proceso de asignación.

6. Sistema propuesto

En esta sección se describe la solución propuesta al problema, la cual es una herramienta computacional que soporta al equipo de ingeniería de espectro, dependencia de la subsección de gestión y planeación, con el objetivo de acelerar el proceso de evaluación de nuevas solicitudes de espectro.



6.1 Antecedentes

La herramienta propuesta calculará la relación entre la potencia de la señal interferente recibida en la antena receptora y la potencia de entrada de la antena transmisora a una frecuencia dada. Además, la herramienta tendrá la ventaja de considerar los parámetros mencionados en la sección 4.3 y aquellos que no son considerados actualmente, tales como: patrón de radiación, ángulos de transmisión y altura de las antenas.

Por lo tanto, esta herramienta puede determinar si un enlace es viable en función del acoplamiento de front door, en vez de comparar la distancia entre antenas con la distancia de la zona de campo cercano o realizar la simulación completa de la interferencia entre las antenas, como se hace actualmente.

6.2 Descripción del sistema propuesto

El nuevo procedimiento tendrá como entrada las variables especificadas en los formatos de solicitudes de espectro, tales como:

- Distancias entre antenas.
- Frecuencia y Ancho de banda del nuevo enlace
- Polarización de las antenas.
- Potencia de transmisión.
- Altura de la antena.
- Tipo, geometría y dimensiones de la antena.

El diseño de la herramienta también considerará los siguientes parámetros:

- Ángulos de transmisión y recepción.
- Umbral de recepción (sensibilidad de la estación existente)
- Distancia al soporte metálico (poste o otra estructura)
- Directividad (patrón de radiación).
- Tolerancia a degeneración del umbral de recepción.

Otros parámetros como respuesta de los filtros en frecuencia y la figura de ruido de los amplificadores en el receptor no serán tomados en cuenta, ya que no afectan el acople "front door" entre las antenas.



Durante el desarrollo de esta herramienta se determinará cuáles de los parámetros mencionados anteriormente son relevantes para el problema de interferencia.

Con dichos parámetros se realizará un cálculo matemático que describa y cuantifique la interferencia entre radioenlaces y como salida emita un concepto de si la interferencia es o no tolerable, en función de la degeneración del umbral de recepción.

Adicionalmente, una salida deseable es calcular la mínima distancia entre antenas para evitar interferencia.

Por otro lado, se proporcionará un manual de uso de la herramienta, cada término empleado, el rango de valores en los cuales es válido, y la fórmula matemática. Asimismo, se generará un documento resumen de la metodología a aplicar por parte de la ANE para determinar las distancias mínimas entre reflectores ubicados en el mismo emplazamiento o en emplazamientos cercanos con los rangos de aplicabilidad.

6.3 Tipos de usuarios

Esta herramienta será utilizada por la división de ingeniería del espectro de la ANE. Por lo tanto, se espera que los usuarios tengan conocimientos de ingeniería.

7. Escenarios operacionales

Los escenarios operacionales descritos en esta sección están relacionados con el uso de la herramienta propuesta y la interpretación de sus resultados.

7.1 Determinar la viabilidad de un enlace

La herramienta recibirá todos los parámetros de las antenas y enlaces que durante la ejecución del proyecto hayan sido determinados como relevantes, incluyendo la separación entre las dos antenas de los distintos enlaces. Como resultado retornará la degradación del umbral de recepción de la antena receptora y lo comparará con el límite aceptable de degradación suministrado por el usuario, generando un concepto de viabilidad.



7.2 Determinar la distancia mínima para hacer un enlace viable

De manera similar al caso anterior, la herramienta recibirá los parámetros de los enlaces y la degradación aceptable del umbral de recepción. Luego, calculará la distancia mínima de separación entre las antenas necesaria para cumplir con la degradación aceptable.

8. Resumen de impactos

En la siguiente sección se identifican los impactos operacionales y organizacionales que tendrá la herramienta propuesta.

8.1 Impactos operacionales

A diferencia de la situación actual, la herramienta propuesta tendrá en cuenta más variables de interés, su comportamiento y la teoría pertinente de antenas y telecomunicaciones. De esta manera, se busca mejorar la gestión del espectro, ya que la ANE podrá determinar si un enlace realmente interfiere con otro existente.

Se pretenden evitar principalmente dos situaciones:

- Pérdidas monetarias por rechazo innecesario de enlaces.
- Problemas legales con proveedores por aprobación de permisos que producen interferencia con los enlaces existentes.

8.2 Impactos en la organización

- Se reducirán los tiempos de ejecución de los PSO y atención de solicitudes de espectro.
- Se disminuirán los gastos en verificación de la interferencia por desplazamientos de funcionarios y uso de equipos de medición.
- Prevención de gastos para el operador interferido y/o interferente por mal funcionamiento de su red.



9. Análisis del sistema propuesto

En esta sección se describen las ventajas y limitaciones de la herramienta propuesta.

9.1 Resumen de mejoras

Se espera que con esta herramienta se asignen nuevos enlaces punto a punto con la certeza de no afectar negativamente a los enlaces preexistentes sin utilizar criterios muy conservadores, que eviten una asignación eficiente del espectro. Esto podría reducir los tiempos requeridos para realizar nuevas asignaciones, aumentar los fondos recibidos debido a pago de contraprestaciones por el uso del espectro y evitar crear demandas por asignaciones erróneas. Beneficiando a la ANE, MINTIC, prestadores de servicios de telecomunicaciones y en general a Colombia.

Adicionalmente, la herramienta podrá soportar el proceso de comprobar si una interferencia que ha sido reportada se debe a acople "front door".

9.2 Desventajas y limitaciones

Al realizar la validación experimental se presentan limitaciones con los equipos de transmisión existentes en el laboratorio de compatibilidad electromagnética EMC-UN de la Universidad Nacional de Colombia, ya que estos generan señales hasta 6 GHz. De igual manera, el analizador vectorial de redes opera en el rango de frecuencias de 9 KHz a 8 GHz. Por lo tanto, la validación se realizará para frecuencias menores a 6 GHz, la cual contiene parte de las bandas que la ANE manifestó como importantes (4-8 GHz).

En cuanto a la validación, no se realizará en los emplazamientos reales, sino en escenarios canónicos controlados que emulen las condiciones reales en las que se encuentran los emplazamientos.

Efectos no lineales debido a amplificadores, mezcladores y demás dispositivos externos a las antenas no serán considerados durante la ejecución de este proyecto.