

**VISIÓN GLOBAL, ANÁLISIS Y UNIFICACIÓN  
DE CRITERIOS PARA LA ATENCIÓN  
DE SERVIDUMBRES EN ISA**

**SAMUEL ESTÉVEZ NEIRA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FÍSICO- MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2006**

**Visión global, análisis y unificación  
de criterios para la atención  
de servidumbres en isa**

**Samuel Estévez Neira**

**Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Físico- Mecánicas  
Escuela De Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones  
Bucaramanga  
2006**

**Visión global, análisis y unificación  
de criterios para la atención  
de servidumbres en isa**

**Samuel Estévez Neira**

**Trabajo de grado para optar el título de  
Ingeniero Electricista**

**Director  
Gerardo Latorre Bayona**

**Tutor  
Jorge Alberto Echeverría Restrepo**

**Universidad Industrial de Santander  
Facultad de físico- mecánicas  
Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y telecomunicaciones  
Bucaramanga  
2006**

*A Dios por permitir alcanzar esta meta, y a mis padres que con su buen consejo siempre han guiado mi camino, por su amor y comprensión en todas mis dificultades y por ser la razón de todas mis luchas.*

*A mis hermanos por su apoyo incondicional.*

*A la princesa que con su cariño ha acompañado mi camino y lo ha llenado de motivos para luchar por mis sueños.*

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

- El ingeniero Jorge Alberto Echeverría Restrepo, Gerente de Transmisión en Red de Energía del Perú (REP), en su momento director del CTE Oriente de Interconexión eléctrica S.A. Colombia y director del proyecto, por su confianza, por su valiosa orientación y sobre todo por creer en los nuevos profesionales como pilar fundamental para el desarrollo de nuestro país.
- Carlos Humberto Gaitan Ayala, ingeniero del Grupo Encargado de Mantenimiento de líneas del CTE Oriente de Interconexión eléctrica S.A. Prácticamente director del proyecto, por el tiempo dedicado, por su amistad y en especial, por ser gestor de la realización y culminación de este proyecto.
- Grupo de Mantenimiento de Líneas de CTE Oriente, por su colaboración para alcanzar los objetivos propuesto en este proyecto.
- Gerardo Latorre Bayona, codirector del proyecto, por su aporte y consejos en el desarrollo de este proyecto.
- Julio Cesar Chacón, Magíster en potencia, por su colaboración en el desarrollo de este documento.
- Personal del CTE Oriente por su fraternidad.
- Compañeros de universidad, parte fundamental en mi formación profesional, por los momentos compartidos que me hicieron entender el verdadero significado de la palabra AMISTAD.

**TITULO: VISIÓN GLOBAL, ANÁLISIS Y UNIFICACIÓN DE CRITERIOS PARA LA ATENCIÓN DE SERVIDUMBRES EN ISA**

**Samuel Estévez Neira\*\***

**PALABRAS CLAVES:** zonas de servidumbre, norma, técnicos, empresas, líneas de transmisión.

**DESCRIPCIÓN**

Este proyecto suministra a INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A. información general de las definiciones, delimitaciones, distancias mínimas de seguridad, requisitos técnicos, condiciones y recomendaciones de las zonas de servidumbres de líneas de transmisión de energía en países de Latinoamérica y en otras empresas a nivel mundial de acuerdo con su respectiva legislación.

Asimismo, en este proyecto se plantea la elaboración de una propuesta de norma que sirva como guía de orientación a las empresas de transmisión de energía para prevenir, controlar y mitigar los problemas en las zonas de servidumbre.

En Colombia actualmente se tienen en cuenta los criterios establecidos en el RETIE, resoluciones CREG 025/95 y 098/00, en las cuales el tema en referencia es muy limitado. Por tal motivo, se interpretan y adecuan las principales normas internacionales y se establecen parámetros que permitan apropiarlas al sector eléctrico colombiano.

En este trabajo se estudia aspectos técnicos y legales relacionados con las zonas de servidumbres en Colombia estableciendo un marco comparativo entre las normas aplicables al tema objeto de análisis.

Por otra parte se plantean algunas recomendaciones a seguir en el proceso de normalización, y se establece la estructura de la propuesta de norma, en la cual se describen los tópicos tratados y se delimita el objeto, campo de aplicación y los requisitos generales de la misma.

---

\* Trabajo de grado modalidad práctica empresarial

\*\* Facultad de Fisicomecánicas. Ingeniería Eléctrica. Gerardo Latorre Bayona

**TITLE: GLOBAL VISION, ANALYSIS AND UNIFICATION OF CRITERIA FOR THE ATTENTION OF SERVITUDES IN ISA**

**Samuel Estévez Neira\*\***

**KEY WORDS: servitude zones, norm, technicians, companies, lines of transmission.**

**DESCRIPTION**

This project provides to INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A. general information about definitions, boundaries, minimum safety distances, technical requirements, conditions and recommendations of the servitude zones of lines of communication of energy in countries of Latin America and in other companies at world-wide level in agreement with its respective legislation.

Besides that, this project sets up the elaboration of a proposal norm that helps as guide of orientations the transmission companies of energy for preventing, controlling and mitigating the problems in the servitude zones.

Nowdays, Colombia has in account the viewpoint established in the RETIE, resolutions CREG 025/95 and 098/00, in which the topic in reference is very limited. As a result, this work has as an objective to interpret and to adapt the international norms, in addition, to establish parametern that allow adapting to the Colombia electrical sector.

This work has studied technical and legal aspects related to the servitude zones in Colombia establishing a comparative frame between the norms applicable to the topic analysis object to adapt them to the Colombian electrical sector.

On the other hand, to set up some recommendations following in the normalization process, and to establish the structure of the proposal norm, in which the topics already mentioned are described and the object is delimited, application field and the general requirements of the same one.

---

\* Trabajo de grado modalidad práctica empresarial

\*\* Facultad de Fisicomecánicas. Ingeniería Eléctrica. Gerardo Latorre Bayona

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	1
1 OBJETIVOS .....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	1
2 DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS EN SERVIDUMBRE DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN .....	2
2.1 PROBLEMAS POR CONSTRUCCIONES Y EDIFICACIONES.....	3
2.1.1 Dificultad en negociación de la infraestructura con propietarios .....	4
2.1.2 Problemas Eléctricos .....	4
2.2 PROBLEMAS SOCIALES .....	5
2.2.1 Desplazamiento de familias .....	5
2.2.2 Generación de molestias a la comunidad .....	5
2.2.3 Orden público.....	6
2.3 PROBLEMAS POR TERRENOS.....	7
2.3.1 Inundaciones.....	8
2.3.2 Erosión.....	8
2.3.3 Desestabilización de laderas.....	9
2.4 PROBLEMAS AMBIENTALES .....	9
2.4.1 Alteración del ecosistema y el paisaje .....	10
2.4.2 Pérdida de cobertura vegetal .....	11
2.4.3 Afectación a matriz de vegetación .....	11
2.5 PROBLEMAS POR VEGETACIÓN .....	12
2.5.1 Dificultad en la legalización de permisos de corte de vegetación con propietarios y corporaciones regionales.....	13
2.5.2 Daños a cultivos.....	13
2.5.3 Incendios forestales .....	13
3 VISIÓN GENERAL DE LAS SERVIDUMBRES.....	14
3.1 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE.....	16
3.1.1 Delimitación de la zona de servidumbre en Argentina .....	16
3.1.2 Delimitación de la zona de servidumbre en Brasil.....	18
3.1.3 Delimitación en Colombia.....	20
3.2 VEGETACIÓN EN ZONA DE SERVIDUMBRE .....	21
3.3 CONSTRUCCIONES Y EDIFICACIONES EN ZONA DE SERVIDUMBRE .....	23
3.4 COMPENSACIÓN E INDEMNIZACIÓN DE LA ZONA SERVIDUMBRE.....	24
3.5 EXTINCIÓN .....	26
3.6 CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS .....	28

3.6.1	Límites adoptados por algunos países.....	28
3.6.2	Límites adoptados en Colombia.....	31
4	PROYECTOS EN SERVIDUMBRES Y MEDIO AMBIENTE.....	32
4.1	RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (REE).....	32
4.1.1	Vegetación.....	33
4.1.2	Social.....	34
4.1.3	Paisaje.....	36
4.1.4	Avifauna.....	37
4.1.5	Impactos de origen eléctrico.....	39
4.1.6	Campo eléctrico.....	40
4.1.7	Campo magnético.....	40
4.1.8	Ruido audible.....	40
4.1.9	Radio interferencia.....	40
4.2	RED DE TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD DE FRANCIA (RTE) ....	41
4.2.1	Evitar la creación de nuevas estructuras.....	42
4.2.2	Reducir el número total de estructuras de líneas aéreas.....	42
4.2.3	Armonización.....	42
4.2.4	Integración de líneas aéreas.....	43
4.2.5	Protección de la avifauna.....	45
4.3	INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A. (ISA)- COLOMBIA.....	47
4.3.1	Programas Sociales.....	48
4.3.2	Programa Reubicación de infraestructura en zonas de servidumbres.....	49
4.3.3	Programa forestal – Compensación.....	49
4.3.4	Programa Forestal-Tala.....	50
4.3.5	Programa Predial.....	50
4.3.6	Programa de Saneamiento Ambiental.....	51
5	ZONAS DE SERVIDUMBRE EN COLOMBIA.....	52
5.1	MARCO JURÍDICO DE LAS SERVIDUMBRES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	52
5.1.1	Ley de 1981.....	53
5.1.2	Decreto 2024 de 1982.....	53
5.1.3	Decreto 2580 de 1985.....	54
5.1.4	Ley 142 de 1994.....	54
5.1.5	Ley 80 de 1993 y decreto ley 222 de 1983.....	55
5.2	REQUISITOS TÉCNICOS DE LAS SERVIDUMBRES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	55
5.2.1	Resolución CREG 025 de 1995.....	56
5.2.2	Resolución CREG 098 de 2000.....	57
5.2.3	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.....	58
5.3	PROPUESTA DE UNIFICACIÓN DE CRITERIOS PARA LA ATENCIÓN DE LAS ZONAS DE SERVIDUMBRES.....	60
5.3.1	Requisitos técnicos de la zona de servidumbre.....	61
5.3.2	Delimitación.....	62

5.3.3	Distancias de seguridad.....	64
5.3.4	Campos electromagnéticos.....	65
5.3.5	División de zona de servidumbre.....	67
5.3.6	Prohibiciones, recomendaciones y permisos.....	68
5.3.7	Autorizaciones.....	69
5.3.8	Limpieza, desmonte y mantenimiento de la zona de servidumbre.....	69
5.3.9	Metodología para el cálculo de la indemnización de terrenos por servidumbre.....	70
6	CONCLUSIONES.....	72
7	RECOMENDACIONES.....	75

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Construcciones dentro de la zona de servidumbre	3
Figura 2. Acto mal intencionado a torre de energía	7
Figura 3. Erosión controlada en sitio de torre	9
Figura 4. Alteración del ecosistema y del paisaje	10
Figura 5. Vegetación en zona de servidumbre	12
Figura 6. Entorno de búsqueda del proyecto	15
Figura 7. Países Consultados	15
Figura 8. Zona de seguridad en Brasil.	19
Figura 9. División de la franja de servidumbre en Brasil	20
Figura 10. Zona de seguridad en Argentina para una línea de 500 kV.	24
Figura 11. Impacto ambiental de un trazado.	34
Figura 12. (a) Torre ganadora de un concurso de ideas organizado por el ENEL.	
(b) Torre de una línea de REE a su paso por Galapagar	35
Figura 13. Simulación de la subestación Puebla de Don Rodrigo España	37
Figura 14. Nidos instalados en torres de REE	38
Figura 15. Disuasores de posada	39
Figura 16. Torres de RTE en perímetro urbano	43
Figura 17. Torres Integradas al paisaje.	44
Figura 17. Torres Integradas al paisaje.	44
Figura 18. Torres de RTE mimetizadas, según el entorno. Fuente RTE	44
Figura 19. Mimram and Ritchie. Torre ganadora del concurso internacional organizado en 1995.	45
Figura 20. Alimentadores de subestaciones	46
Figura 21. Integración de Subestaciones.	46
Figura. 22. Disuarores de posada instalados en torre de energía.	47
Figura 23. Programa sociales en beneficio de la comunidad	48
Figura 24. Invasión de la zona de servidumbre.	49
Figura 25. Mantenimiento de servidumbres	50
Figura 26. Reglamentación Técnica de las zonas de servidumbre	61
Figura 27. Zona de servidumbre	63
Figura 28. División de la zona de servidumbre	67

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Distancia horizontal de seguridad	17
Tabla 2. Franjas adyacentes en zona rural	17
Tabla 3. Anchos de servidumbres en países con distancias normalizadas.	21
Tabla 4. Cuadro comparativo, distancia de separación a masa de arbolados para un nivel de tensión de 500 kV.	23
Tabla 5. Criterios el pago de compensaciones e indemnizaciones en algunos países latinoamericanos.	25
Tabla 6. Criterios para la extinción de servidumbre en algunos países de Latinoamérica.	27
Tabla 7. Límites de CEM adoptados por los países	30
Tabla 8. Valores límites de campos electromagnéticos para baja frecuencia	31
Tabla 9. Resumen: reducción de efectos eléctricos	41
Tabla 10. Niveles de campo eléctrico dentro de la franja de servidumbre según resolución CREG 025 de 1995.	56
Tabla 11. Niveles de campos electromagnéticos en el borde de servidumbre	57
Tabla 12. Distancias de seguridad según Resolución CREG 098 de 2000	57
Tabla 13. Ancho mínimo de servidumbre según RETIE	59
Tabla 14. Distancias de seguridad según RETIE	59
Tabla 15. Distancia horizontal de seguridad	62
Tabla 16. Franjas adyacentes en zona rural	63
Tabla 17. Anchos mínimos de servidumbre de líneas de ISA	64
Tabla 18. Cuadro comparativo de distancias de seguridad a bosques y áreas cultivadas en la zona de servidumbre.	65
Tabla 19. Límites y recomendaciones de exposición del público a campos electromagnéticos	66
Tabla 20. Límites y recomendaciones de exposición laboral a campos electromagnéticos.	66

## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo A. Propuesta de norma de orientación técnica para la atención de servidumbres de líneas de transmisión.
- Anexo B. Cálculo de zonas de servidumbre para líneas de transmisión de ISA.
- Anexo C. Simulación de campos eléctricos en zona de servidumbre.
- Anexo D. Análisis del impacto económico de la propuesta delimitación de la zona de servidumbre

## INTRODUCCIÓN

Durante las primeras etapas de la evolución de los procesos de liberación de la industria eléctrica en todo el mundo se prestó una atención muy limitada al tema de las redes y líneas eléctricas. Esto se debió a que en un primer momento las preocupaciones estaban en los otros segmentos de la actividad, que representaban el grueso del volumen económico del negocio eléctrico.

Sin embargo, poco a poco, las líneas eléctricas han ido adquiriendo cada vez más importancia, llegándose a convertir en uno de los elementos clave para el funcionamiento de los mercados, de los sistemas eléctricos y para seguridad del suministro. Y esto ha llevado a las compañías, instituciones del estado y a la comunidad a que centre su atención también allí donde hay cuestiones sobre las que se debe reflexionar.

Uno de estos cuestionamientos son las zonas de servidumbre, un tema aparentemente árido, pero cada vez más atractivo y con más interés en ámbitos muy amplios. Estas franjas son extensas zonas de tierra a lo largo del eje de las líneas de transmisión aéreas declaradas de utilidad pública e interés social para la prestación de servicios públicos [1] y que restringe el uso del suelo al propietario del terreno.

Hace algunos años atrás, existían menos inconvenientes para las empresas que se encargaron de transporte de energía, pero con el transcurrir del tiempo tanto la adquisición de estos predios como el control de las restricciones en el uso ha sido más difícil, hasta el punto de convertirse actualmente en un problema que requiere altas sumas de dinero para su solución.

Interconexión Eléctrica S.A. (ISA) preocupado por esta situación busca a través de este proyecto establecer criterios y lineamientos para solucionar estos problemas, no sólo como directriz para sus nuevos proyectos, sino también con el objetivo de mitigar, prevenir, compensar y corregir las situaciones que se presentan actualmente en las líneas que ya operan. Este proyecto hace parte de plan de desarrollo planteado para el tema de servidumbres en el interior de la empresa.

.Este documento esta organizado de la siguiente manera, en el primer capítulo se describe los problemas que se presentan en las zonas de servidumbre en líneas de transmisión de ISA. En los capítulos dos y tres se recopila información relacionada con la definición de franja de servidumbre, delimitación de la faja de seguridad, distancias mínimas, normas técnicas, condiciones y recomendaciones en otros países y empresas de Latinoamérica, Brasil, España y Francia de acuerdo con su respectiva legislación como punto de referencia para compararla con la situación en Colombia y en Interconexión Eléctrica S.A.

En el último capítulo se establecen criterios unificados para la atención de servidumbres, basados en mejores prácticas aplicadas en el interior de la empresa y en otros países que implica cambios técnicos, ambientales y sociales a través de una propuesta de documento normativo de orientación técnica para la atención de servidumbres en el área de líneas de transmisión.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Unificar lineamientos para la atención de los problemas de servidumbres en los corredores de las líneas de transmisión de energía eléctrica en ISA.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reunir información relacionada con la zona de servidumbre en Colombia y en otros países, e iniciar un proceso de divulgación en el interior de la empresa.
- Plantear estrategias de solución encaminadas a la atención de las servidumbres.
- Unificar los criterios que favorezca la correcta atención de las servidumbres, presentando a ISA, para su aprobación e implementación un documento normativo de orientación técnica para la atención de servidumbres en el área de líneas de transmisión.

## **2 DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS EN SERVIDUMBRE DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN**

El estudio de las zonas de servidumbres, es aún reciente en Colombia, y la importancia de estudiar este tema ha crecido simultáneamente con el aumento de los problemas que se están presentando.

Con el paso de los años, ha sido necesario construir más líneas aéreas de transmisión para suplir la demanda requerida por las grandes ciudades, la industria y las zonas rurales e igualmente se han incrementado sus implicaciones. La utilización de terrenos para el emplazamiento de nuevos circuitos cada vez es más complicada y con ello la necesidad de garantizar la seguridad de este tipo de instalaciones eléctricas se convierten en una tarea prioritaria.

Con la reestructuración del sector eléctrico en el país, y la creación de entidades reguladoras aparecieron normativas. Estas normas establecieron parámetros que buscaban garantizar el correcto funcionamiento de las líneas y fundamentalmente la seguridad de las personas. Estas nuevas normas definieron zonas de servidumbres y formularon las primeras restricciones y recomendaciones para las líneas de transmisión. Precisamente hacer cumplir estas restricciones ha hecho que mire con otros ojos las zonas de servidumbres.

Los problemas que se reportan en el mantenimiento realizado periódicamente a las zonas de servidumbre se pueden agrupar como se lista a continuación:

- Problemas por construcciones y edificaciones
- Problemas ambientales
- Problemas sociales
- Problemas por terrenos

## 2.1 PROBLEMAS POR CONSTRUCCIONES Y EDIFICACIONES

Los problemas de construcciones en las zonas de servidumbre, se han venido consolidando como los de mayor frecuencia sobre todo por las líneas que fueron cedidas por otras empresas. Otro factor que incrementa la lista de construcciones, es el alto índice de expansiones urbanísticas en algunas zonas donde están ubicadas las líneas de transmisión. A esto se suma la demora en los trámites legales y los desacuerdos en la negociación, porque por lo general los propietarios manejan altas pretensiones económicas.

Figura 1. Construcciones dentro de la zona de servidumbre



Fuente: fotográfica de GEM Líneas CTE Oriente.

Las construcciones que se han reportado en el SAP R/3<sup>1</sup>, son viviendas, empresas, industrias, iglesias, galpones, viveros, centros estudiantiles, campos deportivos, trapiches, molinos, hoteles, entre otros

---

<sup>1</sup> Sistemas, Aplicaciones y Productos para el procesamiento de datos

### **2.1.1 Dificultad en negociación de la infraestructura con propietarios**

Las dificultades se producen durante los procesos de negociación de las construcciones, debido a diversos factores que hacen de este problema el más frecuente y difícil de solucionar. Estos factores son:

- Desacuerdos entre propietarios y empresa. Por los altos costos que inicialmente el propietario pone a su propiedad.
- Construcciones de gran valor económico como empresas y lujosas casas campestres. Para la empresa es difícil negociar estas construcciones por el alto costo.
- El proceso de reubicación es un proceso dispendioso, se debe realizar un avalúo, llegar a un acuerdo, realizar el pago en varias cuotas, legalizar toda la documentación de constitución de la servidumbre, ubicar el lugar apropiado para la nueva construcción y por último demoler la antigua construcción.

### **2.1.2 Problemas Eléctricos**

ISA recibe quejas por parte de los pobladores, debido al temor de radiaciones electromagnéticas o accidentes a causa de la caída de una torre o cable conductor. También se presentan reclamos por interferencias con señales de radio, o de televisión y en ciertas condiciones atmosféricas por el ruido y luminosidad de los conductores (efecto corona).

Estos reclamos son manifestados por pobladores cercanos a las líneas de transmisión y sitios de torre, manifestando que ocurre inducción en cercas de alambre e inconvenientes en el circuito eléctrico interno de sus viviendas.

La frecuencia de estas anomalías es baja en la empresa y la mayoría de los casos registrados se han presentado por la proximidad o intromisión de alguna parte de la vivienda en la zona de servidumbre.

## **2.2 PROBLEMAS SOCIALES**

El propósito de ISA, en cuanto a los problemas sociales, ha sido solucionarlos unificadamente con la comunidad, sin embargo, existen situaciones que se salen de las manos, tal es el caso de los problemas de orden público, propios del conflicto interno del país. Aún así, la empresa mantiene sus esfuerzos en seguir prestando sus servicios en forma integral y permanente en pro del bienestar de la comunidad.

Los problemas sociales se presentan por la necesidad de reubicar familias, las molestias a la comunidad cercana a las líneas de transmisión, y desde luego los conflictos por la oposición a la realización de actividades necesarias en la operación de la línea.

### **2.2.1 Desplazamiento de familias**

Este problema hace referencia al desplazamiento o reubicación de personas, familias y comunidades que tienen sus viviendas construidas en zonas de servidumbre de las líneas de transmisión de ISA.

Se presenta algunas veces por negligencia de las personas, quienes deciden construir conscientes del riesgo que esto representa para ellos y para la empresa. En otras ocasiones ocurre por la falta de conocimiento sobre las restricciones de seguridad (zona de servidumbre) en los lugares por donde cruzan las líneas de transmisión.

### **2.2.2 Generación de molestias a la comunidad**

Las molestias generadas a la comunidad hacen referencia a daños en la infraestructura, en mejoras de las propiedades y a la tensión que causa la

presencia de personal ajeno a la zona que altera la cotidianidad de las comunidades por el desarrollo de los mantenimientos.

Según los reportes del SAP esta anomalía no se presenta con frecuencia, solo algunos casos aislados, que requieren el pago o compensación de los daños y molestias causadas.

### **2.2.3 Orden público**

La influencia de grupos al margen de la ley en regiones donde ISA tiene líneas de transmisión, y las acciones delictivas de estos grupos ocasionan problemas como:

- Dificil acceso a algunos lugares donde se encuentran ubicadas las líneas de transmisión, evitando realizar los mantenimientos respectivos de servidumbre.
- Voladura de torres que afecta la prestación del servicio de energía a muchos colombianos, representando enormes pérdidas para la empresa (ver figura2).
- Riesgo en integridad física (secuestro, heridas, muerte) de los empleados directos e indirectos (outsourcing) de la empresa, al tratar de realizar mantenimientos en lugares, donde estos grupos están presentes o lugares que han sido minados por ellos.
- Dificultad en el seguimiento y tratamiento de otros problemas (vegetación, construcciones, etc.) en zonas de servidumbre. Dificultad de cumplir con los mantenimientos de la línea, ya que por acción de estos grupos la empresa no puede hacer presencia directa en estos lugares.

Figura 2. Acto mal intencionado a torre de energía



Fuente: fotográfica de GEM Líneas CTE Oriente.

Todos estos motivos son suficientes para catalogar este problema, como el más complejo, el cual depende de la situación social del país, de las disposiciones y determinaciones del gobierno.

### **2.3 PROBLEMAS POR TERRENOS**

Dentro de estos problemas se destacan erosiones, inundaciones y desestabilización de laderas que se presentan por diferentes factores naturales y humanos en los sitios donde esta ubicadas las torres.

### **2.3.1 Inundaciones**

El riesgo de este problema es que una inundación puede alcanzar las estructuras metálicas, subir el nivel del agua y por consiguiente disminuir las distancias mínimas entre conductores y suelo; otro riesgo es la desestabilización del terreno, aumentando el riesgo de un deslizamiento o caída de la estructura.

### **2.3.2 Erosión**

Es la pérdida parcial o total de la capacidad portante del suelo, y esta dada por factores antrópicos y naturales.

Las características del suelo determinan el potencial de aprovechamiento como recurso natural renovable; su protección es necesaria para evitar deterioros irreversibles y la generación de fenómenos perjudiciales al resto del medio natural y para las propias actividades humanas (ver figura 3).

Estos inconvenientes en la mayoría de los casos se presenta por falta de vegetación en la zona, o porque son lugares erosionados por el sobrepastoreo. La erosión puede causar derrumbamientos de estructuras.

Figura 3. Erosión controlada en sitio de torre



Fuente: fotográfica de GEM Líneas CTE Oriente.

### **2.3.3 Desestabilización de laderas**

Se genera por remoción de la cobertura vegetal, movimientos superficiales o profundos del material térreo, aumentando temporalmente su exposición a factores climáticos tales como la precipitación, el viento. También se presenta por el desequilibrio causado por una excavación o con ángulo muy pronunciado, los cuales pueden desencadenar desprendimientos de material a corto, mediano o largo plazo.

Esta tipo de problema genera inestabilidad de la torre propiciando en ella el derrumbamiento y el arrastre de los conductores sujetos a la misma.

## **2.4 PROBLEMAS AMBIENTALES**

Una empresa como ISA encargada de la transmisión de energía eléctrica, no puede prescindir de considerar el daño potencial que puede originar al medio que

los circunda, ya que estas instalaciones ocupan grandes extensiones de tierra originando perturbaciones al ambiente natural y social (ver figura 4).

Figura 4. Alteración del ecosistema y del paisaje



Fuente: fotográfica de GEM Líneas CTE Oriente.

Dentro de los impactos que se pueden presentar por el transporte de energía, encontramos inconvenientes en la ejecución de mantenimientos, compensaciones, alteración del ecosistema y paisaje y pérdida de cobertura vegetal.

#### **2.4.1 Alteración del ecosistema y el paisaje**

Es un cambio del paisaje natural, ocasionado por la inserción de líneas y subestaciones o por los cambios topográficos y del uso del suelo asociado a éstas que genera diferentes cambios en el balance que tenía el ecosistema antes de la instalación de las líneas.

Existen diferentes tipos de afectación que de manera directa (torres, soportes, conductores) o indirecta (difusión de áreas naturales, arquitectónicas, históricas o paisajísticas), ejercen algún cambio en las condiciones físicas de las zonas de interés.

#### **2.4.2 Pérdida de cobertura vegetal**

Estos problemas son frecuentes, ya que los mantenimientos son necesarios. En estos mantenimientos se debe eliminar toda la vegetación que se considere riesgosa dentro y fuera de la zona de servidumbre, buscando de esta forma el buen funcionamiento de la línea.

#### **2.4.3 Afectación a matriz de vegetación**

Consiste en la división de las formaciones de vegetación leñosa en fragmentos de diferentes tamaños, con el consecuente aumento del efecto de borde, aumento en la distancia entre fragmentos y la disminución de la continuidad asociada como resultado del cruce de las líneas por estas zonas. Esta alteración puede tener repercusión en las tendencias regionales para el mantenimiento de la biodiversidad, colonización, abundancia relativa de especies, tipos de hábitat y dinámicas espacio-temporales de los componentes estructurales de la cobertura vegetal.

Estos problemas se presentan por el mantenimiento de las zonas de servidumbre, pues es allí donde es necesario talar y podar toda la vegetación que representa riesgo para el buen funcionamiento de la línea.

## 2.5 PROBLEMAS POR VEGETACIÓN

En las zonas de servidumbres de las líneas de transmisión de energía eléctrica, durante todo su periodo operativo se deben evitar y controlar los acercamientos, garantizando que se conserven las distancias de seguridad establecidas. Por lo general estas servidumbres corresponden a extensas zonas de vegetación (ver figura 5), siendo este el principal elemento de crecimiento dinámico. Para lo cual se establece un Plan de Manejo Ambiental (PMA), para realizar labores de despeje de la servidumbre mediante rocería, poda o tala de árboles y limpieza de sitios de torres de acuerdo con las recomendaciones de plan.

Figura 5. Vegetación en zona de servidumbre



Fuente: fotográfica de GEM Líneas CTE Oriente.

Estas actividades de mantenimiento en ISA son realizadas por contratistas, de acuerdo a un Plan Integrado de Mantenimiento (PIM), en el que se establece la periodicidad del mantenimiento para cada línea de transmisión.

La ejecución del PIM, ocasiona en algunos casos inconvenientes, como los que se enuncian a continuación:

### **2.5.1 Dificultad en la legalización de permisos de corte de vegetación con propietarios y corporaciones regionales**

Estos problemas se presentan con los propietarios de los terrenos y de los árboles, porque estos se oponen al despeje de vegetación, exigiendo compensación o indemnización a ISA para permitir la realización de las labores de mantenimiento. Además, de los inconvenientes con los propietarios, se presentan dificultades con la documentación y trámites con las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), encargadas de preservar la base natural del territorio nacional, para poder llevar a cabo cualquier despeje de vegetación en zonas protegidas.

### **2.5.2 Daños a cultivos**

Estos problemas se deben al impacto total o parcial en los cultivos y mejoras donde existe la necesidad de cortar árboles que afectan el servicio de la línea y en cuyo radio de caída podrían ocasionar daños.

La voladura de torres en Actos Mal Intencionados (AMI) por parte de grupos al margen de la ley, es un factor que aumenta estos tipos de problemas.

### **2.5.3 Incendios forestales**

Estos problemas se deben a Incendios forestales que se presentan en el campo, en forma no controlada. Por la quema de combustibles vegetales como pajonal, pastos, cultivos, matorrales y bosques.

Estos inconvenientes tienen mayor presencia en el CTE Suroccidente y Norte por la gran proliferación de cañaduzales, los cuales si no manejan adecuadamente se convierten en potencial material combustible.

### 3 VISIÓN GENERAL DE LAS SERVIDUMBRES

La humanidad desde mediados del siglo pasado ha tomado conciencia de la imperiosa necesidad de cuidar el medio ambiente buscando un desarrollo sostenido y en equilibrio con el planeta. Este contexto, no solo ha facilitado determinar las principales problemas ambientales del mundo, sino que también ha permitido identificar situaciones en las cuales debe mejorar.

ISA no ha sido ajena a esta preocupación, desde hace algunos años ha tomado conciencia de la necesidad de estudiar las situaciones e inconvenientes que se presentan en la zonas de servidumbre de sus líneas de transmisión. Producto de estudios anteriores [2] se han determinado una serie de problemas y se han identificado no solo sus causas, sino también sus potenciales impactos. Los cuales han arrojado resultados favorables y necesarios para avanzar en este tema.

Uno de estos resultados mas importantes ha sido la incorporación en el Sistema Integrado de Información (SAP R/3) una clasificación especial para los problemas que se presentan en la zona de servidumbres, el cual facilita la identificación de los problema, por contar con un catalogo [3] con la descripción de los problemas.

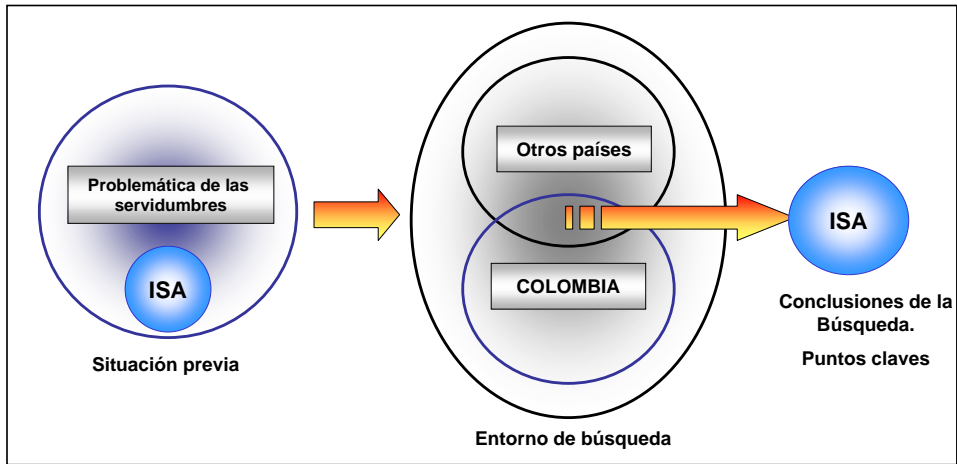
Sin embargo, todos los proyectos realizados sobre este tema hacen referencia a estudios al interior de la empresa y a identificar el estado real en ISA. Por esta razón se hizo necesario revisar el estado del arte en otros países.

Teniendo en cuenta este antecedente, se organizó el desarrollo de la búsqueda de información general en otros países relacionada con este tema, como se ilustra en el siguiente esquema de la Figura 6.

El entorno de búsqueda se delimitó inicialmente en los países en los que el Grupo Empresarial ISA tiene filiales, y en los que posiblemente puede llegar a incursionar, posteriormente los demás países de Sudamérica y Centroamérica (ver figura 7), y por último los países que presenten una estructura del Sector Eléctrico

similar al de nuestro país y donde existen empresas de transporte de energía eléctrica como ISA.

Figura 6. Entorno de búsqueda del proyecto



Fuente: esquema realizado por el autor

Figura 7. Países Consultados



Fuente: Gráfico elaborado por el autor

Con la investigación se reunió información de páginas en Internet de instituciones estatales, privadas y empresas del sector eléctrico relacionado con construcciones y edificaciones cercanas a los conductores, vegetación que presenta riesgo de acercamiento a las líneas, delimitación, compensación e indemnización y extinción de las servidumbres. Estos aspectos son influenciados por la organización política, por las leyes respectivas y por la organización del sector eléctrico de cada país.

Como antecedente en estos países se tiene el cambio del monopolio para el suministro de energía eléctrica de compañías integradas verticalmente (quienes prestaban los servicios de generación, transmisión y distribución) a compañías descentralizadas y sin la influencia estatal. A pesar de esa descentralización, las labores de adquisición de predios y la supervisión de las restricciones necesarias para establecimientos de servidumbres de conducción de energía eléctrica fueron encargadas a una institución del estado, en algunos casos el mismo ente regulador y en otros a una superintendencia de energía eléctrica.

Cada uno de estos aspectos consultados se mencionan a continuación con la información más relevante.

### **3.1 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE**

En Argentina y Brasil la extensión requerida para la franja de servidumbres es determinada por la empresa encargada de construir el trazado teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de la línea de transmisión, condiciones topográficas y por el clima, lo que conlleva a corredores variables para cada línea [4] [5].

#### **3.1.1 Delimitación de la zona de servidumbre en Argentina**

Las líneas aéreas de alta tensión que atraviesan predios rurales o urbanos, restringirán el dominio sobre una zona del inmueble afectado, de acuerdo con las siguientes condiciones.

En todo el cruce del inmueble afectado, y en una zona cuyo ancho queda definido por la fórmula que sigue, no se permitirá la existencia de ningún tipo de vivienda. El ancho de esta franja, que denominaremos zona de seguridad, tendrá su eje coincidente con el de la línea. La fórmula para calcular esta distancia es la siguiente:

$$F.S = d + 2(l_c + f_{mv})\text{sen}(\text{alfa}) + D \quad 3.1$$

Donde

F.S. : franja de Seguridad [m]

d : distancia entre fases adyacentes [m]

Lc : largo de la cadena de aisladores [m]

fmv : flecha con viento máximo a temperatura ambiente [m]

D : distancia horizontal a edificios [m]. Este valor se obtiene de la Tabla 1

Alfa : ángulo de desviación de la cadena respecto a la vertical [°]

Tabla 1. Distancia horizontal de seguridad

• Tensión ( kV )	Distancia ds (m) Zona rural	Distancia ds (m) Zona urbana
57,5/66	3,00	4,20
110/115	3,15	4,35
220/230	3,75	4,95
500	5,60	6,80

Fuente: Reglamentación sobre servidumbres de electroducto especificación técnica N° T-80.

Para servidumbres en zona rural, se establecen dos franjas adyacentes, una a cada lado de la zona de servidumbre, que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Franjas adyacentes en zona rural

Tensión ( kV )	Ancho en (m)
57,5/66	4,00
110/115	5,00
220/230	6,00
500	8,00

Fuente: Reglamentación sobre servidumbres de electroducto especificación técnica N° T-80.

En dichas franjas se establecen restricciones al dominio, permitiéndose la construcción de viviendas de una sola planta, sin terraza ni balcones sobresalientes.

### 3.1.2 Delimitación de la zona de servidumbre en Brasil

La distancia de la zona de seguridad de una línea de transmisión aérea de energía eléctrica, debe ser determinada teniendo en cuenta el balanceo de los conductores debido al viento, efectos eléctricos y al posicionamiento de las fundaciones de los soportes.

En el caso de una línea (ver figura 8) la distancia de la franja de seguridad se debe calcular con la siguiente expresión:

$$F.S = 2(b + d + D) \quad 3.2$$

Siendo:

b : distancia horizontal del eje central de la línea al punto fijo del conductor externo [m]

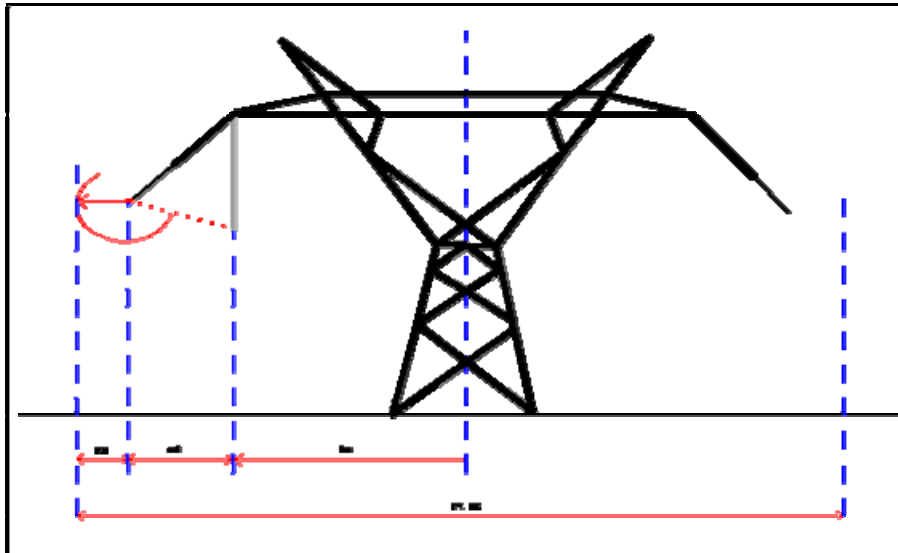
d : proyección horizontal de la flecha del conductor y la longitud de la cadena de aisladores al suelo. [m]

D :  $D_u/150$ , en metros, por lo menos igual 0,5 metros

$D_u$  : distancia en metros numéricamente igual a U

Un caso particular y de gran interés encontrado en este país es la división de la zona de servidumbre (figura 9) de acuerdo con el grado de importancia para la operación, mantenimiento y seguridad de las líneas de transmisión. Esta división les permite establecer restricciones para cada zona:

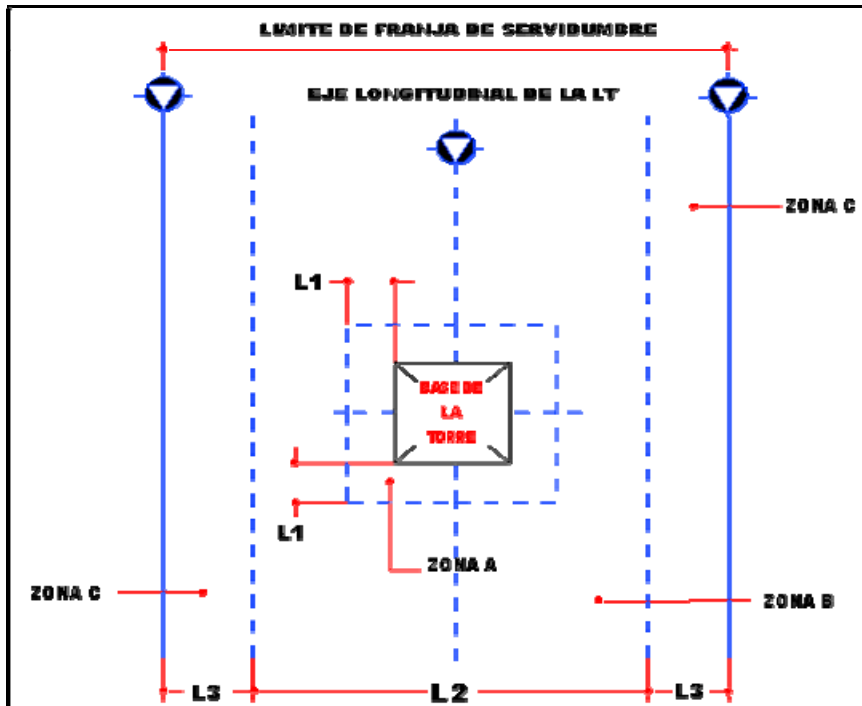
Figura 8. Zona de seguridad en Brasil.



Fuente: grafico elaborado por el autor

- **Zona A:** localizada en torno a las estructuras de las líneas de transmisión, necesaria para el movimiento de vehículos y equipos para los trabajos de mantenimiento. Definida como el círculo de radio igual a la distancia media entre el punto medio de la estructura hasta la base exterior aumentada en tres metros.
- **Zona B:** es el corredor interno de los cables a lo largo de la línea de transmisión, incluye la zona A, su ancho es definido por la proyección de los conductores sobre el suelo.
- **Zona C:** porción de la franja cuyos límites externos será definido por la tensión de la línea de transmisión. Incluye las zonas A y B.

Figura 9. División de la franja de servidumbre en Brasil



Fuente: Documento de ocupación de franjas de líneas de transmisión Compañía Paulista de Fuerza y Luz (CBFL) de Brasil.

### 3.1.3 Delimitación en Colombia

En Colombia la zona de servidumbre tiene anchos con valores específicos inicialmente determinados por la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG) en la Resolución 025 de 1995[6], modificada por la Resolución 098 de 2000 [7] y por el Reglamento de Instalaciones Eléctricas (RETI) [8] vigente actualmente. Esta delimitación normalizada no es única en Colombia, Paraguay [9] y Perú [10] también tiene establecidos valores fijos pero que comparados con Colombia, para líneas de igual nivel de tensión, son muchos menores como se puede observar en la siguiente tabla comparativa:

Tabla 3. Anchos de servidumbres en países con distancias normalizadas.

<b>NIVEL DE TENSIÓN [ kV ]</b>	<b>Colombia [ m ]</b>	<b>Paraguay [ m ]</b>	<b>Perú [ m ]</b>
500	60	55	-
220/230	32	25	25

Fuente: Autor

### 3.2 VEGETACIÓN EN ZONA DE SERVIDUMBRE

La preocupación mundial por el deterioro y contaminación del medio ambiente no ha sido ajena a las actividades propias de la energía eléctrica. Las entidades estatales así como las empresas del Sector Eléctrico se han planteado objetivos encaminados a adoptar métodos de construcción, generación, transmisión y distribución más limpias; ambientalmente sanas y seguras.

Para el caso específico de la transmisión de energía eléctrica, las licencias ambientales, hacen necesarios estudios ambientales y Planes de Manejo Ambiental (PMA) [11] durante los periodos de construcción y operación de las líneas.

Inicialmente se realiza el manejo ambiental correspondiente al periodo de construcción, posteriormente durante la operación de las líneas se debe efectuar el mantenimiento, es decir, el corte de vegetación que presente acercamientos a los conductores y que pueda ocasionar inconvenientes en el servicio. Para realizar este corte se tiene medidas comunes en actividades rutinarias en los países consultados como:

- Cortar árboles ubicados fuera de la zona servidumbre que constituyan un peligro para líneas de transmisión, que por su inclinación, caída fortuita o provocada puedan alcanzar los conductores.
- Preservar la cobertura vegetal, para evitar la erosión de los suelos, y afectar ecosistemas de especies menores.

Sin embargo, un aspecto para resaltar son algunos países se establecen distancias mínimas de separación entre la masa de arbolado y los conductores

dentro de la franja de servidumbre, pero no es criterio estándar, difieren sustancialmente.

En Colombia este corte se determina por las distancias de seguridad [8], pero en general en otros países es calculado dependiendo del nivel de tensión (U) de las líneas como ocurre en:

- [12] España, determinando la distancia de separación de la masa de arbolado a los conductores con la siguiente ecuación:

$$d = 1,5 + \frac{U}{100} \quad 3.3$$

- [13] Uruguay, a máxima desviación de los conductores, su separación de la masa de arbolado no sea inferior a:

$$d = 1,5 + \frac{U}{150} \quad 3.4$$

- [5] Brasil la altura mínima entre el conductor y la copa del árbol debe ser calculada con la siguiente expresión:

Para tensiones mayores de 87 Kv

$$H = 4,0 + 0.01 \left( \frac{D_u}{\sqrt{3}} - 50 \right) \quad 3.5$$

Para tensiones menores de 87 kV

$$H = 4,0 \quad 3.6$$

Utilizando las ecuaciones 4,5 y 6 para una línea con nivel de tensión de 500 kV, como ejemplo comparativo para observar la diferencia con los valores que se manejan en nuestro país, ver tabla 4.

Tabla 4. Cuadro comparativo, distancia de separación a masa de arbolados para un nivel de tensión de 500 kV.

País	Distancia [ m ]
Colombia	8,6
Uruguay	4,8
Brasil	6,4
España	6,5

Fuente: Autor

En Argentina y Paraguay esta distancia tiene un valor constante. Para Argentina se permiten las plantaciones de árboles o arbustos que no excedan los 3,40 metros y en el Paraguay la separación de la masa de arbolado debe ser de 5 metros.

### 3.3 CONSTRUCCIONES Y EDIFICACIONES EN ZONA DE SERVIDUMBRE

En los últimos años ha existido una evidente alarma social sobre los posibles efectos nocivos de los campos eléctricos, magnéticos, radio interferencia (efecto corona) y ruido audible [14] generados por las instalaciones eléctricas de generación, transporte y distribución, en especial la presencia de líneas eléctricas aéreas por su tamaño, extensión geográfica y cercanía a los núcleos de población.

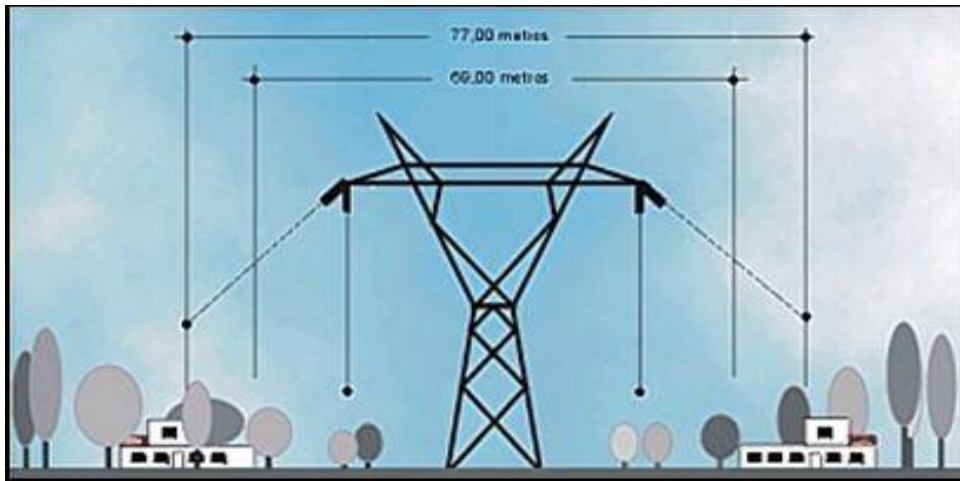
Es por ello y por la posibilidad de caída de torres y conductores que las líneas de alta tensión se deben encontrar alejadas de las construcciones, edificaciones o cualquier otra estructura similar bajo la franja de servidumbre.

En este aspecto los países consultados tiene un criterio casi unificado, incluyendo a Colombia, con la excepción de Bolivia donde se permiten en su normativa [15] las edificaciones en la zona de servidumbre. Es un caso particular que restringe las edificaciones que no cumplan con las distancias de seguridad vertical, analizando los efectos causados por las líneas con un estudio realizado por especialistas y de acuerdo al concepto de éstos, toman acciones como la reubicación de la vivienda y/o indemnización si se comprueban la responsabilidad de la empresa transportadora, de lo contrario se deja la vivienda.

En Argentina se tiene un criterio diferente para la zona denominada por ellos como de seguridad y para la zona exterior. En la zona de seguridad están prohibidas las

edificaciones, y en zona adicional se permiten construcciones inferiores a 3,40 metros de altura, (figura 10).

Figura 10. Zona de seguridad en Argentina para una línea de 500 kV.



Fuente: <http://www.saltogrande.org>

En Colombia la declaración de los terrenos afectados por servidumbre como utilidad pública y de interés social [1] permite a la empresa realizar construcciones e instalaciones necesarias para transmitir energía, hacer ocupaciones temporales de inmuebles en caso de urgencias o necesidades de servicio.

De nuevo, es inevitable mencionar el caso de Brasil. Debido a la forma como se divide la franja de servidumbre, les permite establecer en su normativa [19] claramente y de manera extensa un listado de los tipos de estructuras que son admisibles o prohibidas en cada una de las zonas de la franja de servidumbre (figura 9), proporcionándoles herramientas para ser más estrictos en las zona de servidumbre.

### 3.4 COMPENSACIÓN E INDEMNIZACIÓN DE LA ZONA SERVIDUMBRE

La realización de una línea de transmisión de energía eléctrica trae consigo la adquisición de predios necesarios para ubicación de torres y tendido de los conductores. Esta adquisición significa la limitación del terreno de terceros y/o de la comunidad. Por lo cual debe recibir el valor correspondiente de compensación e indemnización.

El pago de indemnización o compensación esta relacionado directamente con las leyes civiles, razón por la cual este tema depende de los códigos civiles de cada país.

En la tabla 5 se pueden observar los criterios que se tienen en cuenta, para los concesionarios o empresas transmisoras y para los dueños de los predios sirvientes de servidumbre en el respectivo país

Tabla 5. Criterios el pago de compensaciones e indemnizaciones en algunos países latinoamericanos.

<b>País</b>	<b>Criterios aplicables a Empresas de transmisión de energía</b>	<b>Criterios aplicables a dueños de los predios sirvientes</b>
Paraguay	Podrá convenir directamente con los propietarios la compra de aquellos inmuebles necesarios para ejecutar obras o instalar servicios.	Las reclamaciones de los particulares con motivo de servidumbres establecidas se resolverán en juicio
Venezuela	La acción de indemnización prescribirá a los diez (10) años.	
Perú	- El propietario de la servidumbre procederá sin indemnización alguna, a tender y/o apoyar en la parte exterior de las propiedades de dominio público, todo lo necesario para fijar líneas de transporte de electricidad	
México		El dueño de la servidumbre estará obligado a pagar indemnización, si por su descuido u omisión se causa daño al dueño del predio sirviente. Si el dueño del predio sirviente o el dueño de la servidumbre se oponen a las obras, el juez decidirá, previo informe de los peritos.

Panamá	<p>Compensación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Por adquisición del inmueble: adquisición forzosa del inmueble privado.</li> <li>•Por constitución de servidumbres: el dueño sobre el cual se imponga la servidumbre, tendrá derecho a que se le abone:</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Compensación por la ocupación de los terrenos necesarios para constitución de la servidumbre</li> </ul> <p>La indemnización por los perjuicios o por la delimitación del derecho de propiedad, como consecuencia de las construcciones o instalación propias de la servidumbre.</p>	
Costa Rica	<p>El procedimiento de reubicación, se autoriza como forma de pago de la indemnización.</p> <p>Para reubicación parcial de poblaciones afectadas, las construcciones deben estar en condiciones similares a las que existían.</p>	

Fuente: Autor

En Colombia el pago por este concepto se establece mediante negociación directa de las partes (empresa y dueño del predio), protocolizando una escritura pública ante notario y procediendo a su posterior registro en el folio de matrícula inmobiliaria que corresponda al círculo dentro del cual se encuentra registrado el inmueble [20].

### 3.5 EXTINCIÓN

La extinción de servidumbres, no es un tema unificado en todos los países, ya que depende de las respectivas leyes. En los países que se establece el tiempo de caducidad y causas de la pérdida del derecho de servidumbre es porque la adquisición de la servidumbre se realiza por imposición a través de escritura pública.

En la tabla 6 se presentan los criterios que maneja cada país, respecto a este tema.

Si comparamos estos criterios con los de Colombia la diferencia radica principalmente en los tiempos. Las servidumbres de conducción eléctrica, por ser de carácter continuo y aparente se pueden obtener por medio de prescripción de diez años (10) y se pierde o se extingue cuando ha dejado de usar o gozar por veinte años (20) contados desde la constitución de la servidumbre.

Sin embargo, los anteriores criterios aplican en caso de imposición forzosa, por lo general la adquisición se hace acuerdo entre las partes (empresa y dueño del predio), en estos casos la extinción de la servidumbre depende de los términos establecidos en el contrato.

Tabla 6. Criterios para la extinción de servidumbre en algunos países de Latinoamérica.

País	Criterios de Extinción
<b>VENEZUELA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•La servidumbre caduca si no se inician obras en dos años contados desde la fecha de constitución.</li> <li>• Las servidumbres quedan legítimamente constituidas cuando hayan transcurrido tres años de la instalación de los conductores eléctricos u obras asociadas en el predio sirviente.</li> <li>• La autoridad competente podrá declarar la extinción cuando               <ul style="list-style-type: none"> <li>•Permanezca sin uso por más de dos (2) años</li> <li>•Sea destinada a un fin distinto para el cual se solicitó</li> <li>•Desaparezca la finalidad para la cual fue constituida</li> </ul> </li> </ul>
<b>GUATEMALA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Por ser perjudicial o desnaturalizarse el destino del predio que soporta la servidumbre</li> <li>•Por la existencia de otro predio donde resulte menos gravosa y más práctica la constitución de la servidumbre.</li> </ul>
<b>MÉXICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Por el no uso.               <ul style="list-style-type: none"> <li>Servidumbres continuas y aparentes: 3 años</li> <li>Servidumbres discontinuas y no aparentes: 5 años</li> </ul> </li> <li>• Por la remisión gratuita del dueño de la servidumbre.</li> <li>• Cuando el dueño de la servidumbre es el mismo dueño del predio sirviente.</li> <li>•Cuando pueda realizarse en igualdad de condiciones técnicas por un bien público.</li> </ul>

<b>PANAMÁ</b>	Si no se hace uso de ella o si se suspende su uso durante diez (10) años.
<b>COSTA RICA</b>	•Si no se hace uso de ella o si se suspende su uso durante diez (10) años. Si transcurrido diez (10) años no ha sido utilizada para ese fin.
<b>NICARAGUA</b>	El derecho de servidumbre caducará si no se hace uso de él durante el plazo de tres (3) años

Fuente: Autor

### 3.6 CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Los campos electromagnéticos de frecuencia industrial inducidos por líneas o instalaciones eléctricas, han preocupado mucho al público desde hace tres décadas, principalmente los efectos sobre la salud [13], que se creen asociados a la exposición durante períodos prolongados a los campos magnéticos en vez de la exposición a niveles de CEM durante periodos costos.

Distintos organismos internacionales, han preparado instrucciones básicas sobre la exposición a campos CEM, ya sea en el puesto de trabajo o del público en general. Dentro de los organismos reguladores existentes, encontramos organismos en diferentes continentes, se destaca la Comisión Internacional para la Protección frente a Radiación de No Ionizante (ICNIRP), sucesor en el IRPA (Asociación Internacional de Protección contra Radiaciones) del grupo de trabajo llamado INIRC (Comité Internacional para la Radiación de No Ionizante) ICNIRP es un organismo vinculado a la Organización Mundial de la Salud (OMS).

#### 3.6.1 Límites adoptados por algunos países

La creciente preocupación de la población por el eventual el efecto perjudicial de estos campos a la salud humana, aliado a la falta de directrices por parte de muchos países para los límites de la exposición del público en el general a campos electromagnéticos de 60 Hz, ha traído innumerables dificultades a las

empresas concesionarias de la transmisión y de la distribución de la energía eléctrica en todo el mundo para la reforma y ampliación de sus sistemas eléctricos

En la tabla 7 se consignan los límites de campo eléctrico y magnético que considera la exposición humana, utilizados en diversos países y los normalizados por organizaciones internacionales.

Se puede observar que los límites del campo eléctrico para la exposición ocupacional están en una franja entre 3 y 25 kV/m, y para el público en general entre 1 y 11,8 kV / m. Para la densidad del flujo magnético los límites varían entre 417 y 1333  $\mu$ T para la exposición ocupacional, y entre 1 y 1000  $\mu$ T para el público.

La gran divergencia entre los valores se debe a las diferencias entre los factores de seguridad utilizados, a los lugares de la exposición en donde se están considerando los límites (zona de servidumbre de las líneas de transmisión, lugares sensibles, guarderías, edificios administrativos, etc.), y principalmente a los factores políticos, sociales, económicos, geográficos, etc., que son considerados cuando se aplican medidas de precaución.

De igual forma, encontramos que la mayoría de los países desarrollados siguen las directrices del ICNIRP, establecidas en la Recomendación del Consejo Europeo relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz) [14], y la cual ha sido adoptada por 4 países europeos, 1 país norteamericano, y 1 país asiático. El ICNIRP es la organización que presenta los valores más conservativos y con mayores factores de seguridad y emite directrices basadas en evidencias científicas.

Tabla 7. Límites de CEM adoptados por los países

País / Organización	Límites de Campo Eléctrico (kV/m)		Límites de Densidad de Flujo Magnético (µT)	
	Ocupacional	Público	Ocupacional	Público
Alemania <sup>(1)</sup>	-	5 <sup>(4)</sup>	-	100 <sup>(4)</sup>
Francia <sup>(1)</sup>	-	5 <sup>(4)</sup>	-	100 <sup>(4)</sup>
Reino Unido <sup>(2)</sup>	10	10	1333	1333
Italia <sup>(1)</sup>	-	5 y 10 <sup>(3)</sup>	-	100 y 1.000 <sup>(3)</sup>
Suecia	-	-	-	-
Suiza <sup>(1)</sup>	-	5 <sup>(4)</sup>	-	1 y 100 <sup>(4)</sup>
Canadá <sup>(2)</sup>	8,33 <sup>(4)</sup>	4,17 <sup>(4)</sup>	417 <sup>(4)</sup>	83 <sup>(4)</sup>
Florida – EUA <sup>(2)</sup>	-	2 - 8 y 10	-	15, 20 y 25
Minesota-EUA <sup>(2)</sup>	-	8	-	-
Montana-EUA <sup>(2)</sup>	-	7 e 1	-	-
Nueva Jersey-EUA <sup>(2)</sup>	-	3	-	-
Nueva York-EUA <sup>(2)</sup>	-	11,8-11-7-1,6	-	20
Obregón – EUA <sup>(2)</sup>	-	9	-	-
Japón	3	3	-	-
Rusia	25	-	1.000	-
Corea del Sur <sup>(2)</sup>	8,33 <sup>(4)</sup>	4,17 <sup>(4)</sup>	417 <sup>(4)</sup>	83 <sup>(4)</sup>
Sudáfrica <sup>(2)</sup>	8,33 <sup>(4)</sup>	4,17 <sup>(4)</sup>	417 <sup>(4)</sup>	83 <sup>(4)</sup>
Australia <sup>(2)</sup>	10 <sup>(3)</sup>	5 <sup>(3)</sup>	500 <sup>(3)</sup>	100 <sup>(3)</sup>
Brasil <sup>(2)</sup>	25	5 <sup>(3)</sup>	1.000	-
CENELEC <sup>(2)</sup>	25	8,33	1333	533
IEC	-	-	-	-
IEEE	-	-	-	-
ACGIH <sup>(2)</sup>	25	-	1.000	-
ICNIRP <sup>(2)</sup>	8,33	4,17	417	83,33
<sup>(1)</sup> Campos de 50 Hz <sup>(2)</sup> Campos de 60 Hz <sup>(3)</sup> Reglamentación en revisión <sup>(4)</sup> Adoptan recomendaciones del ICNIRP				

Fuente: Asociación Brasileira de Normas Técnicas. ABNT.

CENELEC, siglas en inglés del Comité Europeo para Normalización Electrotécnica

IEC, siglas en inglés de la Comisión Electrotécnica Internacional

IEEE, corresponde a las siglas de The Institute of Electrical and Electronics Engineers, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

ACGIH, American Conference of Governmental Industrial, la Conferencia Americana de los Higienistas Industriales Gubernamentales.

### 3.6.2 Límites adoptados en Colombia

El anterior es el panorama mundial, pero miremos ahora nuestra situación. En Colombia, actualmente no existen publicaciones de carácter normativo que traten de este asunto. El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctrica (RETIE) en el capítulo de requisitos técnicos esenciales [8], establece los límites máximos de campo electromagnéticos para instalaciones de sistemas eléctricos de energía a 60 Hz.

Estos límites se adoptan de los umbrales establecidos por el IRPA de la recomendación del consejo europeo de 1999, para exposición ocupacional de día completo o exposición al público (tabla 8).

Tabla 8. Valores límites de campos electromagnéticos para baja frecuencia

<b>INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (kV/m)</b>	<b>DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (mT)</b>
10	0,5

Fuente: RETIE

Para líneas de transmisión estos valores no deben ser superados a partir de la zona de servidumbre y para circuitos de distribución, a partir de las distancias de seguridad.

## **4 PROYECTOS EN SERVIDUMBRES Y MEDIO AMBIENTE**

De la misma manera que ISA inicia un proceso de investigación y estudio de las zonas de servidumbre que ha sido poco estudiado en Colombia y que anteriormente no se había abordado con la importancia que se merece, existen otras empresas en el mundo que también empiezan este proceso y otras que ya llevan años dedicados a los temas de los corredores de las líneas de conducción eléctrica.

Es por ello, que se buscó información en las empresas encargadas de la transmisión a nivel mundial [16], con el objetivo de recopilar información de proyectos aplicados a la solución de problemas en las servidumbres de líneas eléctricas.

Los resultados de la búsqueda permiten observar en todas las compañías políticas ambientales, sin embargo, se destacan las empresas de España (Red Eléctrica de España) [17] y de Francia (Red de Transporte de Electricidad, RTE) como pioneras en proyectos, en investigaciones y en acciones concretas para mitigar, prevenir y compensar los impactos que ocasionan las líneas aéreas [18]. Brasil (Transmisora Paulista [19], Compañía de Electricidad del Estado de Bahía [20], COELBA), Finlandia [21] (Sistema Operador y Transmisor de Finlandia, FINGRID), tienen algunos programas relacionados con el tema pero no de gran importancia para mencionarlo en este documento.

### **4.1 RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (REE)**

Desde su creación en 1985 se hizo cargo de la red de transporte y de la operación del sistema eléctrico español. Hoy es reconocida a nivel mundial como una empresa eficiente que presta sus servicios al sector eléctrico y a la sociedad de forma segura y fiable.

Es precisamente en estos aspectos en los que es considerada pionera a nivel mundial, debido a sus incesantes esfuerzos por encontrar soluciones a problemas de tipo legislativo, de tipo social y, en particular, de tipo medioambiental ocasionado por las redes y líneas eléctricas.

En esto lleva 9 años, en los cuales ha conseguido importantes resultados, que han sido presentados en las cuatro versiones realizadas de la Jornadas sobre Línea Eléctricas y Medio Ambiente [22] [23]. Dichos resultados han tocado aspectos como vegetación, paisaje, avifauna, optimización de diseños y en los impactos eléctricos en líneas y en subestaciones.

#### **4.1.1 Vegetación**

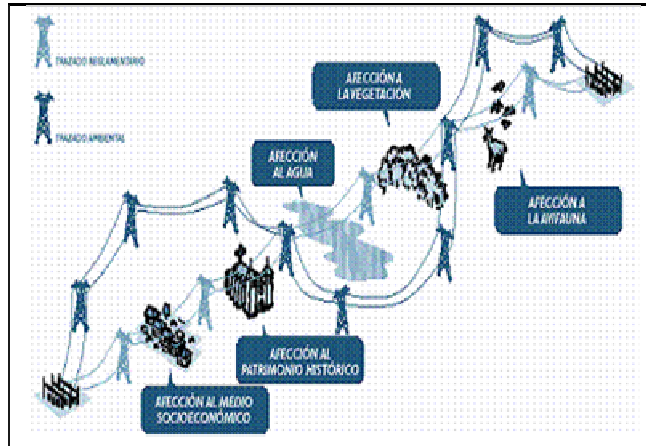
Red Eléctrica realiza estudios de impacto ambiental en los nuevos trazados que promueve y construye enfocados a la optimización del trazado y de la ubicación de las subestaciones, con el fin de reducir los impactos causados al ambiente natural y la comunidad (Figura 11).

Los lineamientos y criterios que orientan este tema son:

- *Para las líneas:*
  - Uso de patas desiguales en las torres para evitar desmontes y afectación de la cubierta vegetal
  - Franja de servidumbre variable
  - Elevación de apoyos sobre la cubierta vegetal, para reducir al mínimo el corte de vegetación
  - El tendido a pie o mediante helicóptero en zonas de alta sensibilidad
  
- *En el caso de subestaciones::*
  - Preservar la vegetación, dentro de la zona de ubicación respetando el arbolado que pueda conservarse
  - Corte y tala de vegetación selectiva a la hora de realizar accesos

Estos lineamientos han sido producto de proyectos de investigación realizados con la universidad Politécnica de Madrid.

Figura 11. Impacto ambiental de un trazado.



Fuente: <http://www.ree.es>

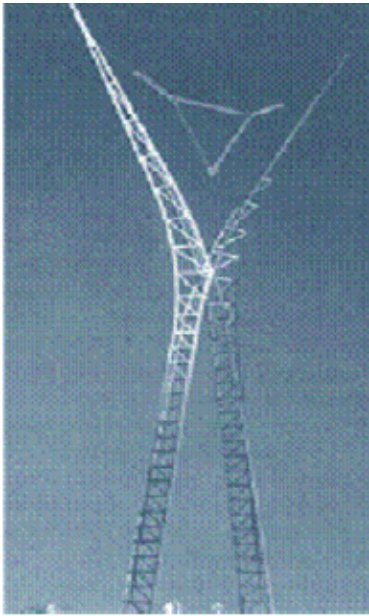
#### 4.1.2 Social

La sociedad rechaza la infraestructura de energía por considerarla agresora del medio ambiente, ya sea por los impactos que causan las grandes centrales hidroeléctricas, centrales térmicas, líneas aéreas o subestaciones, pero es esta misma sociedad la que cada día aumenta la demanda de energía para satisfacer sus necesidades.

Con el fin de mejorar la aceptación de este tipo de estructuras, REE busca sustituir los apoyos convencionales (estructuras metálicas tipo estándar en celosía) por apoyos tubulares. El objetivo ha sido realizar nuevos diseños (figura 12) impulsando infraestructuras de carácter artístico, que combinen colores, materiales, formas; que las dote de un aspecto más atractivo.

La utilización de apoyos tubulares en líneas aéreas tiene beneficios e inconvenientes [24].

Figura 12. (a) Torre ganadora de un concurso de ideas organizado por el ENEL.  
(b) Torre de una línea de REE a su paso por Galapagar



(a)



(b)

Fuente: <http://www.ree.es>

- *Beneficios:*
  - Reducción del impacto visual y paisajístico, por dotarlas de una apariencia distinta que las transforma en objetos aceptables para los observadores. La modificación en el color de los apoyos (mimetización) reduce el contraste monocromático (acero galvanizado) que causa la presencia del apoyo
  - Ocupación de las propiedades, debido a que sólo necesita una base, lo que ocasiona menor impacto sobre superficies y propiedades afectadas.
- *Inconvenientes:*
  - Incrementos de impactos por el aumento del número de apoyos, debido al uso de una sola cimentación, que soportar mayores esfuerzos transversales, ya que el reparto de cargas es más desfavorable en

comparación con las estructuras de celosía; condicionando la longitud del vano.

- Necesidad de accesos de mayores dimensiones, las labores de transporte, montaje e izado de los apoyos tubulares necesita de superficies muy superiores a las requeridas por una convencional dadas las dimensiones del cuerpo de la torre, para esto se debe usar camiones pesados.
- Necesidad de mayor plataforma para el izado, necesita de superficies amplias y prácticamente planas entorno a la base de la torre.

#### **4.1.3 Paisaje**

La protección del paisaje ha sido un aspecto que REE considera importante, en especial establecer medidas que permitan integrar las instalaciones con el medio natural que las rodea.

La dificultad para presentar los impactos que causa una línea y las subestaciones en el paisaje a la comunidad, los llevó a desarrollar una metodología de simulación visual [25] como herramienta para obtener representaciones de los proyectos en el futuro.

Para integrar las subestaciones a su entorno, realizan una adecuación paisajística con la replantación de vegetación en la parte exterior como barrera visual que oculte la subestación (figura 13).

Figura 13. Simulación de la subestación Puebla de Don Rodrigo España



Fuente: <http://www.ree.es>

#### 4.1.4 Avifauna

Red Eléctrica adopta medidas de prevención diseñadas específicamente para minimizar la incidencia de las líneas de transporte de energía eléctrica sobre la avifauna, debido a los impactos causados en los periodos de migración de aves en todo el territorio. Un caso relevante en España que ha permitido extraer las principales acciones para mitigar y prevenir estos impactos ha sido la población de avifauna en Extremadura y la Provincia de Valladolid [26].

Las acciones tomadas tanto para colisión de aves, nidificación en torres y electrocución son:

- *Colisión*
  - Señalización de cables de tierra con espirales "salva pájaros".
  - Instalación de cable trenzado aislado.
  - Disposición de conductores en un sólo plano.

- *Nidificación*
  - Predicción de la probabilidad de ocupación de apoyos de líneas por nidos.
  - Traslado de nidos desde puntos conflictivos en apoyos a plataformas artificiales.
  - Instalación de disuasores de nidificación en puntos conflictivos (figura 15).
  - Instalación, en apoyos, de soportes artificiales para la nidificación de rapaces (figura 14).
  - Uso de subestaciones como dormitorios de rapaces.
  
- *Electrocución:*
  - Utilización de crucetas en bóveda curva
  - Instalación de disuasores de posada (figura 15)
  - Distancias aisladas:
  - Distancias entre fases 150 centímetros.
  - Distancia entre elementos en tensión y crucetas:

Figura 14. Nidos instalados en torres de REE



Fuente: <http://www.ree.es>

Figura 15. Disuasores de posada



Fuente: <http://www.ree.es>

#### 4.1.5 Impactos de origen eléctrico

Los aspectos ambientales, no han sido los únicos temas de investigación en REE, los técnicos de proyectos se unieron para estudiar maneras de disminuir el impacto de origen eléctrico en las franjas de servidumbres [27].

Para ello utilizan herramientas informáticas con el fin de optimizar el trazado de una línea, y visualizarla en tres dimensiones con el objeto de evaluar el impacto.

Los impactos de origen eléctrico son

:

- Campo eléctrico
- Campo magnético
- Ruido audible
- Radio interferencia

Estudiando los parámetros (disposición de los circuitos, número de los circuitos, distancias de subconductores por fase, diámetro del conductor y altura del conductor al suelo) de las líneas que influyen en la magnitud de los anteriores impactos han conseguido buenos resultados para los niveles de tensión 130 y 400 kV que se manejan en transmisión.

#### **4.1.6 Campo eléctrico**

Los resultados indican que el parámetro que más influye en el campo eléctrico es la distancia al suelo. Al disminuir esta distancia, el campo eléctrico disminuye. Por lo tanto la mejor forma de reducir el campo eléctrico consiste aumentando la altura de los conductores.

#### **4.1.7 Campo magnético**

Lo mencionado anteriormente para el campo eléctrico es aplicable también para el campo magnético, en lo relativo a la distancia entre fases y a la configuración del circuito.

Cuando es necesario reducir localmente el campo magnético la forma más ventajosa consiste en aumentar la altura del conductor al terreno.

#### **4.1.8 Ruido audible**

La mejor forma de reducir el ruido audible consiste en aumentar el número de subconductores que componen las fases. El mayor inconveniente es el alto costo para reducir el ruido en unos pocos decibelios.

#### **4.1.9 Radio interferencia**

El parámetro que disminuye la radio interferencia es también el aumento del número de subconductores por fase.

Resultado de estos análisis fue la decisión de REE de normalizar para nuevas líneas de 400 kV la configuración de tres subconductores por fase, permitiendo reducir el ruido audible y el nivel de radio interferencia. En la tabla 9 se puede

observar, un aumento en la distancia de cada parámetro, influye en los efectos eléctricos incrementándolo, disminuyéndolo o manteniéndolo igual.

Tabla 9. Resumen: reducción de efectos eléctricos

PARÁMETRO	Distancia	CE	CM	RI	RA
Distancia entre fases	↑	↑	↑	↘	↓
Altura del conductor	↑	↓	↓	↘	↘
Número de subconductores	↑	↑	↔	↓	↓
Distancias entre subconductores	↑	↗	↔	↗	↗
Diámetro del conductor	↑	↗	↔	↘	↘

Fuente: IV Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente. REE. España.

CE: Campo Eléctrico

CM: Campo Magnético

RA: Ruido Audible

RI: Radio interferencias

## 4.2 RED DE TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD DE FRANCIA (RTE)

RTE es único operador de la transmisión de energía de alto voltaje y del sistema público de alto voltaje de Francia.

La red de transmisión de energía en Francia incluye todas las líneas de energía de alto voltaje y subestaciones que conectan las centrales eléctricas, redes de distribución, sitios industriales y las redes de energía de países vecinos.

El RTE procura con sus políticas corporativas el desarrollo sostenible, razón fundamental para intentar reducir sistemáticamente al mínimo cualquier efecto nocivo sobre el ambiente. Sus actuaciones se resumen en los siguientes aspectos:

#### **4.2.1 Evitar la creación de nuevas estructuras**

A pesar de las nuevas demandas de los consumidores RTE se ha propuesto proteger el medio ambiente. Es por ello, que tiene dentro de sus objetivos evitar la creación de nuevas estructura y optimizando la red existente con la puesta en práctica de reguladores de flujo de potencia, dispositivos que ajustan la corriente conducida por las líneas para optimizar capacidades transmitidas y cables ahorradores de energía.

#### **4.2.2 Reducir el número total de estructuras de líneas aéreas**

Para reducir el número de estructuras realiza el desmontaje, reconstruye y desarrolla actual red eléctrica existente. Dentro de sus políticas de reducción estableció el compromiso de no extender el total de su red durante los próximos 3 años. Para lograrlo piensa reconstruir el 25 % de la red aérea en subterránea y para la red de 225 kV enterrar las líneas en unidades urbanas de más de 50.000 habitantes.

#### **4.2.3 Armonización**

Al igual que Red Eléctrica de España, RTE ha trabajado en la estética de las siluetas de las torre, y de las subestaciones, utilizando los servicios de arquitectos y especialistas del paisaje (figura 16).

Figura 16. Torres de RTE en perímetro urbano



Fuente: Médiathèque RTE - Francechi Eric

#### **4.2.4 Integración de líneas aéreas**

La integración de la red para RTE, significa encontrar la mejor trayectoria, tomando las consideraciones geográficas, áreas residenciales, el ambiente natural y las zonas de actividad económica (ver grafica 17). Para lograrlo aplica medidas diferentes en cada caso específico:

Figura 17. Torres Integradas al paisaje.



Fuente: CNER Photographic Library

- Líneas tradicionales, optar por la mejor disposición, forma, naturaleza de las torres convencionales.
- Torres pintadas, según el ambiente se elige un color uniforme con el fondo, efectos artísticos en especial en el perímetro urbano (figura 18).

Figura 18. Torres de RTE mimetizadas, según el entorno. Fuente RTE



Fuente: <http://www.rte-france.com>

- Torres especiales, en situaciones especiales, en el que por ejemplo la altura de la torre se puede reducir, utilizando configuraciones en un solo plano.

- Concursos de diseños, con la participación de arquitectos y diseñadores (figura 19).

Figura 19. Mimram and Ritchie. Torre ganadora del concurso internacional organizado en 1995.



Fuente: <http://www.rte-france.com>

- Alimentadores, armonizados en su entrada a las subestaciones las torre (igual altura y siluetas), ver figura 20.

Subestaciones, al igual que las torres, la inserción en el paisaje (barrera de visual de árboles, intramuros en zona urbanas), lo logran encontrando la mejor localización, consideraciones geográficas, áreas residenciales, entorno natural y demanda económica (figura 21).

#### 4.2.5 Protección de la avifauna

Han instalado dos sistemas para disminuir el número de muertes de aves. Uno de los dispositivos es un amonestador para hacer más visibles los conductores a las aves, este dispositivos consiste en un espiral coloreado alrededor de los conductores y que emite con el aire un sonido ligero que asusta las aves. El

segundo arreglo es simplemente para evitar la nidificación de aves en las torres, son los disuasores de posada (ver figura 22).

Figura 20. Alimentadores de subestaciones



Fuente: CNER Photographic Library

Figura 21. Integración de Subestaciones.



Fuente: RTE, Fencing (shapes and colours)

Figura. 22. Disuadores de posada instalados en torre de energía.



Fuente: <http://www.rte-france.com>

#### **4.3 INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A. (ISA)- COLOMBIA**

ISA es la mayor empresa de transporte de energía en Colombia, es actualmente propietaria del 70% del Sistema de Transmisión Nacional (STN) administra el Sistema de Intercambios Comerciales (SIC) y efectúa la liquidación y administración de los cargos por uso del STN y el Sistema de Transmisión Regional (STR). Su misión como grupo empresarial esta basado fundamentalmente en la responsabilidad social y ética, en el compromiso con el desarrollo sostenible y en el bienestar de la sociedad [28].

En marzo de 1995, estableció su política en materia ambiental. En ella hace explícito su compromiso con la gestión ambiental, con el entorno nacional e internacional y con la población colombiana en general.

Desde entonces su gestión ambiental hace seguimiento de los Planes de Manejo Ambiental (PMA) establecidos durante la etapa de construcción. De igual forma, la operación de la red de transmisión de ISA, requiere de la ejecución de actividades ambientales, que buscan la hacer viable de la misma en aspectos físicos, bióticos y sociales, teniendo en cuenta la legislación ambiental de Colombia [29] y los diversos requerimientos realizados por las autoridades ambientales.

La gestión ambiental en la etapa de operación esta basada en la prevención, mitigación, compensación y control de los impactos ambientales que se puedan generar durante la operación de la red de transmisión de ISA. Estos impactos se generan sobre los diversos recursos naturales renovables o potencialmente renovables (Agua, aire, flora, fauna y suelo) y sobre las comunidades aledañas a la red debido a los mantenimientos ejecutados en la misma.

Esta gestión depende de la ejecución continua de una serie de procesos que buscan la preservación de los recursos naturales, es por esto, que han establecidos varios programas como son: programas sociales, gestión predial, compensación vegetal en líneas, reubicación de familias y manejo ambiental en subestaciones.

#### **4.3.1 Programas Sociales**

Incluye todas las actividades relacionadas con la convivencia de ISA con las diversas comunidades aledañas a su infraestructura, y aquellas propias del PIPC (Programa de Información y Participación Comunitaria), ver figura 23.

Figura 23. Programa sociales en beneficio de la comunidad



Fuente: Fotografía GEM de líneas CTE Oriente.

#### **4.3.2 Programa Reubicación de infraestructura en zonas de servidumbres**

Establece un plan mitigatorio, con el fin de solucionar los problemas de infraestructura en las zonas de servidumbres. Este programa se adelanta gestiones con las autoridades municipales (ver figura 24).

Figura 24. Invasión de la zona de servidumbre.



Fuente: Fotografía GEM líneas CTE Oriente

#### **4.3.3 Programa forestal – Compensación**

Este programa tiene como actividad principal el cumplimiento de las diversas compensaciones en las líneas licenciadas. El manejo del componente forestal se realiza de acuerdo con los requerimientos emitidos por las autoridades ambientales mediante autos o resoluciones. Si estos requerimientos no se cumplen se hace necesario realizar resiembras del material vegetal o conciliar nuevamente con la autoridad ambiental (ver figura 25).

Figura 25. Mantenimiento de servidumbres



Fuente: Fotografía GEM de líneas CTE Oriente

#### **4.3.4 Programa Forestal-Tala**

La tala de los árboles es un problema que se ha abordado de forma parcial durante el mantenimiento de las zonas de servidumbres. Este programa se realiza en las distintas líneas, en especial se realiza con las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) para obtener los permisos para corte y determinar las actividades compensatorias requeridas.

#### **4.3.5 Programa Predial**

En este programa atiende todos los requerimientos por imposición de servidumbre, para lo cual, se realizan gestiones compartidas con la Secretaría General de ISA y se hace un acompañamiento a los peritos por parte de la Gerencia de Producción y de la Secretaría General, con el objeto de poder determinar conceptos técnicos de peritazgos que se ajusten a valores racionales de oferta y demanda para los predios afectados por los proyectos de ISA que son objeto de demanda. Adicionalmente, asesora a la Secretaría General con los conceptos técnicos cuando hay recursos de reposición y de objeción sobre los

mismos y se tramitan los pagos por honorarios de peritos e indemnizaciones dentro de estos procesos.

#### **4.3.6 Programa de Saneamiento Ambiental**

Son actividades inherentes al saneamiento ambiental de subestaciones; un manejo ambiental de las basuras que se depositan en los predios de la subestación y cualquier requerimiento hecho por las CAR respecto a este tema.

## **5 ZONAS DE SERVIDUMBRE EN COLOMBIA**

### **5.1 MARCO JURÍDICO DE LAS SERVIDUMBRES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN**

El marco jurídico de las normas que regulan las servidumbres relativas a los predios que deben permitir el paso de líneas eléctricas están contenidas en la Ley 56 de 1981, en concordancia con los artículos 56 y 57 de la ley 142 de 1994; y los decretos 2580 de 1985 y 222 de 1983 en concordancia con la Ley 80 de 1993, 20024 de 1981 y en los libros 1° y 2° del Código de Procedimiento Civil.

Este tipo de servidumbres fue establecido primigeniamente por la Ley 126 de 1928, en su artículo 18, que suponía para las autoridades que tenían a su cargo la construcción de centrales generadoras, líneas de interconexión, transmisión y prestación de servicios públicos de energía eléctrica, la facultad de pasar por los predios afectados, por vía aérea, subterránea o superficial, las líneas de transmisión del flujo eléctrico, ocupar zonas objeto de de la servidumbre, transitar por los mismos, adelantar obras, ejercer vigilancia, conservación y mantenimiento y emplear los medios necesarios para su ejercicio; postulados que fueron recogidos en el artículo 25 de la Ley 56 de 1981

Así mismo, es necesario precisar que este tipo de servidumbres que tienen que ver con el paso de energía eléctrica son de carácter legal, ya que estas son relativas al uso público, o a la utilidad de particulares al tenor del artículo 897 del Código Civil.

A continuación se hace un breve comentario de cada una de las normas que regulan este tipo de servidumbres.

### **5.1.1 Ley de 1981**

Esta ley determina las normas a aplicar en las obras públicas, que como es bien sabido hoy pueden ser realizadas por particulares, específicamente en lo relativo a la transmisión e interconexión eléctrica, regulando las expropiaciones y servidumbres de los bienes afectados por tales obras

En efecto, dicha ley define las servidumbres de conducción eléctrica, como una servidumbre legal de interés público; y regula la obligación que tienen los dueños de los predios sirvientes de permitir la conducción de líneas eléctricas, por lo que tales servidumbres existen por ministerios de la ley.

### **5.1.2 Decreto 2024 de 1982**

Este decreto desarrolló el artículo 18 de la Ley 56 de 1981, estableciendo el procedimiento para decretar la expropiación en el caso de que el propietario o poseedor se niegue a un arreglo directo sobre los perjuicios y limitaciones del predio a enajenar o este incapacitado para hacerlo voluntariamente, para lo cual se seguirá el siguiente procedimiento:

Se solicitará por el interesado que requiera el acceso a predios poseídos por particulares el correspondiente permiso de que trata el artículo 33 de la Ley 56 de 1981, artículo este que prevé el acceso a persona del sector eléctrico para practicar estudio, levantar planos y proyectos.

EL Gerente, Directo o Representante Legal de la entidad respectiva dictará la correspondiente resolución singularizando por su ubicación, linderos y propietarios o poseedores inscritos o materiales, los inmuebles afectados por la declaración de la utilidad pública, para cumplir el requisito que exige el numeral 1° del artículo 451 del Código de Procedimiento Civil. Para el caso del particular, la empresa interesada solicitará permiso a la entidad pública correspondiente; si no hubiere ley expresa que indique quien debe otorgarlo, lo hará el municipio en el que se encuentre el predio obstáculo que se pretende atravesar.

Presentada la demanda, que deberá contener entre los documentos el plano general del proyecto, el certificado de matrícula inmobiliaria del predio y el título judicial correspondiente al depósito de la suma de dinero estimada como indemnización, el Juez

que conozca el trámite del proceso de expropiación dictará los autos de substanciación en el término de tres (3) días, lo interlocutores en el de diez (10) y la sentencia en el cuarenta (40) contados a partir de la fecha en que el expediente pase al despacho para tal fin. En los demás términos, se dictará a los dispuestos por la Ley 56 de 1981.

### **5.1.3 Decreto 2580 de 1985**

Este decreto reglamentario de la Ley 56 de 1981, señala que en los procesos para imponer el gravamen de energía eléctrica, la demanda se dirigirá contra los titulares de derechos reales sobre los respectivos bienes y que deberá contener los requisitos propios para la demanda de expropiación, artículos 75 y 76 del Código de Procedimiento Civil e igualmente indica dicho decreto que el auto admisorio de la demanda se inscribirá en la respectiva Oficina de Instrumentos Públicos y que si la sentencia se fija una indemnización mayor a la suma consignada, el demandante deberá consignar la diferencia a favor de lo titulares de los derechos reales del predio o de los poseedores.

### **5.1.4 Ley 142 de 1994**

Esta ley orgánica del régimen de los servicios públicos domiciliarios de los cuales se encuentra el servicio de energía Eléctrica ( Art. 1° ) , establece que ese servicio público puede ser prestado por particulares de conformidad con el numeral 15.2 del Art. 15 de la citada Ley; que trata en sus Art. 56 y 57 de la declaratoria de utilidad pública e interés social para la prestación de servicios públicos y de la facultad de imponer servidumbres, hacer ocupaciones temporales y remover obstáculos cuando sea necesario para prestar los servicios públicos; y respecto al derecho de indemnización de los propietarios establecidos en la Ley 56 de 1981, por una parte; y por otra, la misma Ley en el Art. 116 y 118 establece el procedimiento para la adquisición de servidumbre, bien mediante arreglo directo con los afectados, o en su defecto, promoviendo el proceso de imposición de servidumbre a que se refiere la Ley 56 de 1981.

### **5.1.5 Ley 80 de 1993 y decreto ley 222 de 1983**

La Ley 80 de 1993, constitutiva del Estatuto General de la Constitución de la Administración Pública, dejó vigente los Art. 108 y 113 del decreto Ley 222 de 1983 que hace referencia a la ocupación y adquisición de inmuebles e imposición de servidumbres y en donde expresamente, en su artículo 113, dejó con plena vigencia la Ley 56 de 1981 para obras públicas a las que ella se refiere; para nuestro caso, lo que tiene que ver con lo relativo a la adquisición de servidumbres para conducción de energía Eléctrica.

Resumiendo el marco legal vigente para este tipo de servidumbres, se debe agregar que las mismas pueden adquirirse por voluntad de los interesados mediante un arreglo directo y amigable, o por sentencia que la imponga, acorde con lo explicado en las leyes anteriores, previo o posterior reconocimiento de las indemnizaciones del caso, según la vía de arreglo escogida para tal efecto; pues lo imperativo legal, por ser declarada de utilidad pública e interés social, hay lugar a la interposición de la servidumbre como se requiera el uso y beneficio de las redes y su interconexión, pagando el valor del terreno necesario para la servidumbre reconociendo cualquier otro perjuicio, pero en todo caso deberá adquirirse mediante Escritura Pública que contenga la constitución de la servidumbre, por expresa exigencia del inciso 2° del Art. 1857 del Código Civil.

## **5.2 REQUISITOS TÉCNICOS DE LAS SERVIDUMBRES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN**

El objeto fundamental de las reglamentaciones técnicas es establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. En el caso de Colombia, la primera reglamentación técnica que estableció requisitos técnicos para las zonas de servidumbre fue la resolución 025 de 1995<sup>2</sup> de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Para las zonas de servidumbres de proyectos realizados antes de esta resolución, no existía una norma técnica que estableciera las distancias de seguridad,

---

<sup>2</sup> Código Redes parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.

delimitación y mucho menos condiciones y recomendaciones referentes a estas zonas.

En la resolución 098 del 2000, la CREG, realiza modificaciones a la resolución 025, cambiando algunos aspectos técnicos, resaltándose principalmente, los cambios en la delimitación de las zonas de servidumbre. Esta resolución es modificada por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)<sup>3</sup> que entro en vigencia el 30 de abril de 2005

Las especificaciones establecidas en cada una de las resoluciones mencionadas anteriormente se presentan a continuación.

### 5.2.1 Resolución CREG 025 de 1995.

En el año de 1995 la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), mediante Resolución 025 [6] establece el valor máximo de campo eléctrico sobre el terreno, dentro de la faja de servidumbre de línea de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 10. Niveles de campo eléctrico dentro de la franja de servidumbre según resolución CREG 025 de 1995.

<b>Terrenos inaccesibles</b>	20 kV/m	Fu en te: Re sol
<b>Regiones despobladas</b>	15 a 20 kV/m	
<b>Cruces de carreteras</b>	10 a 12 kV/m	

ución CREG 025 de 1995.

En cuanto a la radio-interferencia, estableció como señal-ruido máxima, en el borde de la faja de servidumbre, de 24 dB a 1000 Hz en condiciones de buen tiempo.

Además, definió por primera vez anchos mínimos de servidumbres para los corredores de las líneas de transmisión: 64 metros, para líneas de 500 kV y 32 metros para las líneas 220/230 kV.

<sup>3</sup> Capítulo IV, Requisitos específicos para el proceso de transmisión, artículos 21 y 22

## 5.2.2 Resolución CREG 098 de 2000

En el año de 2000, la CREG, en la Resolución 098 [7] cambia los anteriores valores establecidos por la Resolución 025, para líneas con niveles de tensión superiores a 220 kV, por distancias dependiendo de los niveles de radio interferencia y de campos electromagnéticos (ver tabla 11).

Los niveles de radio interferencias establecidas como señal-ruido mínima fueron:

- Zona Rurales: 22 dB a 80 m del eje de la línea a 1000 kHz en condiciones de buen tiempo.
- Zonas Urbanas: 22 dB a 40 m del eje de la línea a 1000 kHz en condiciones de buen tiempo.

Los niveles de campos electromagnéticos establecidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11. Niveles de campos electromagnéticos en el borde de servidumbre

<b>Campo Eléctrico máximo</b>	5 kV / m
<b>Campo Magnético máximo</b>	1 Gauss

Fuente: Resolución CREG 098 de 2000

En esta resolución se establecieron las distancias mínimas entre líneas eléctricas y elementos físicos existentes a lo largo de su trazado, con el objeto de evitar contactos accidentales (Ver tabla 12).

Tabla 12. Distancias de seguridad según Resolución CREG 098 de 2000

<b>Tensión de la línea</b>	<b>500 kV</b>	<b>230 kV</b>
Descripción del cruce		
Normal	9	6,50
Carreteras Principales	12,9	8,50

Carreteras Secundarias	11,50	8
Ferrocarriles	16,3	9
Árboles y cercas	6,30	5
Ríos navegables	18,00	18
Canales navegables	24,39	18
Muros	7,30	6,5
Embalses	12,30	8,5
Oleoductos	9,30	6,5
Líneas de energía	5,80	5,5

Fuente: Resolución CREG 098 de 2000

### 5.2.3 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE

A partir del 30 de abril de 2005, el Ministerio de Minas y Energía, adopta el Reglamento de Instalaciones Eléctricas (RETIE) [8], que establece de nuevo anchos de servidumbres dependiendo del nivel de tensión de la línea, el circuito y tipo de apoyo como se muestra en la tabla 13.

Este reglamento técnico establece los niveles de campos electromagnéticos (ver tabla 8), como requisito de obligatorio cumplimiento, los cuales se adoptaron de los umbrales establecidos por Asociación Internacional de Protección contra Radiaciones (IRPA)<sup>4</sup>, para exposición ocupacional de día completo o exposición del público. De igual manera el reglamento<sup>5</sup> define valores diferentes a los de la Resolución CREG 098 de 2000, los cuales deben ser tenidos en cuenta dentro de las prácticas de diseño, los valores se presentan en la tabla 14. Para el caso de vías normales y carreteras principales, el RETIE es menos exigente que la Resolución 098 de 2000.

<sup>4</sup> Recomendación del Consejo Europeo relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz) ,1999/519/CE.

<sup>5</sup>Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, capítulo II, artículo 13.

Tabla 13. Ancho mínimo de servidumbre según RETIE

TIPO DE ESTRUCTURA	TENSIÓN (kV)	ANCHO MÍNIMO (m)
Torres	500	60
Torres	220/230	32
	220/230	30
Postes	220/230	30
	220/230	28
Torres	110/115	20
	110/115	20
Postes	110/115	15
	110/115	15
Torres/postes	57,5/66	15

Fuente: RETIE

Tabla 14. Distancias de seguridad según RETIE

Tensión de la línea	500 kV	230 kV
Descripción del cruce		
Normal	8,6	6,8
Carreteras Principales	8,6	6,8
Calle-zona peatonal	8,6	6,8
Ferrocarriles-funiculares	11,1	9,3
Bosques-áreas cultivadas	8,6	6,8
Ríos navegables		
Barcos: > 2m y < 7m	1,2,9	11,3
Ríos navegables: < 2m	7,9	6,3
Ferrocarriles electrificados	4,8	3,0
Campos deportivos (vertical)	14,6	12,8
Campos deportivos (horizontal)	9,6	7,8

Fuente: RETIE

### **5.3 PROPUESTA DE UNIFICACIÓN DE CRITERIOS PARA LA ATENCIÓN DE LAS ZONAS DE SERVIDUMBRES**

Como se ha descrito en los anteriores capítulos, existen una serie de inconvenientes que se presentan en las zonas de servidumbre, si a lo anterior le agregamos el hecho de no tener especificaciones técnicas unificadas, tenemos un panorama complicado para las empresas de transmisión de energía, ya que tienen cuatro ventanas (ver figura 26) en el tiempo:

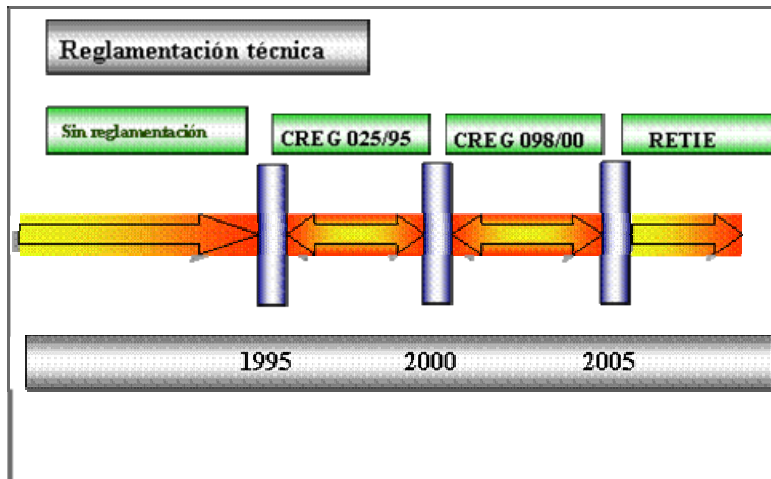
- Antes de 1995, zonas de servidumbres sin reglamentación técnica
- De 1995 al 2000, de acuerdo con los requisitos establecidos en la Resolución CREG 025.
- De 2000 al 2005, teniendo en cuenta los requisitos establecidos por la Resolución CREG 098.
- A partir de 30 de abril de 2005 según las especificaciones dadas en el RETIE.

Estos factores dificultan el funcionamiento y operación de las líneas de transmisión de energía, además, no pueden garantizar la seguridad de sus instalaciones y de las personas

Ante estas inquietudes surgió la necesidad estudiar y analizar este tema, no sólo en el entorno local sino también en un entorno general con fin de plantear y buscar mejores practicas aplicadas en las servidumbres.

Como resultado de este estudio y basados en experiencias de los países consultado (ver figura 7), se presenta este documento con la propuesta de norma técnica para la zonas de servidumbres de líneas de transmisión de energía en Colombia (ver anexo A). El objetivo de esta propuesta es unificar criterios para la atención de las zonas de servidumbres, definiendo y verificando aspectos técnicos sobre delimitación, distancias de seguridad, indemnización y compensación en la adquisición de predios autorizaciones, prohibiciones, recomendaciones y aspectos ambientales.

Figura 26. Reglamentación Técnica de las zonas de servidumbre en Colombia.



Fuente: Autor

Esta propuesta será puesta en consideración y estudio de las respectivas áreas de Interconexión Eléctrica S.A. (ISA). A continuación se presenta una breve descripción del contenido de la propuesta de norma y algunos estudios realizados sobre el contenido del documento.

### 5.3.1 Requisitos técnicos de la zona de servidumbre

Esta propuesta de norma modifica requisitos técnicos para la delimitación de la zona de servidumbre, distancias de seguridad y límites de los niveles de campo electromagnéticos que se han manejado en Colombia.

### 5.3.2 Delimitación

Un cambio fundamental que presenta la propuesta de norma es la determinación de zonas de servidumbre variables. El ancho mínimo de estas zonas depende de las especificaciones de la línea, el balanceo de los conductores y la configuración.

El ancho de las zonas de servidumbre (ver figura 27) de una línea de transmisión de energía eléctrica de alta y extra alta tensión se debe determinar teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$S = dc + 2(lc + f_{mv}) * \text{sen}(\beta) + 2 * ds \quad 5.1$$

Donde:

- S : ancho en metros de la zona de servidumbre.
- dc : distancia horizontal metros entre conductores externos en estado de equilibrio.
- lc : longitud cadena de aisladores
- fmv : flecha máxima del conductor, en metros
- $\beta$  : ángulo de declinación de la cadena de aisladores en la hipótesis de viento máximo, medido respecto de la vertical.
- ds : distancias horizontal mínima de seguridad, medida a partir de la posición del conductor declinado del ángulo  $\beta$ . Este valor se obtiene de la Tabla 15.

Tabla 15. Distancia horizontal de seguridad

Tensión ( kV )	Distancia ds (m) Zona rural	Distancia ds (m) Zona urbana <sup>(1)</sup>
57,5/66	3,00	4,20
110/115	3,15	4,35
220/230	3,75	4,95
500	5,60	6,80

(1) Los valores de esta columna disminuidos en 1,20 m deben además verificarse como distancia mínima horizontal entre conductor declinado y parte más saliente de la edificación (balcones, aleros, marquesinas, etc.)

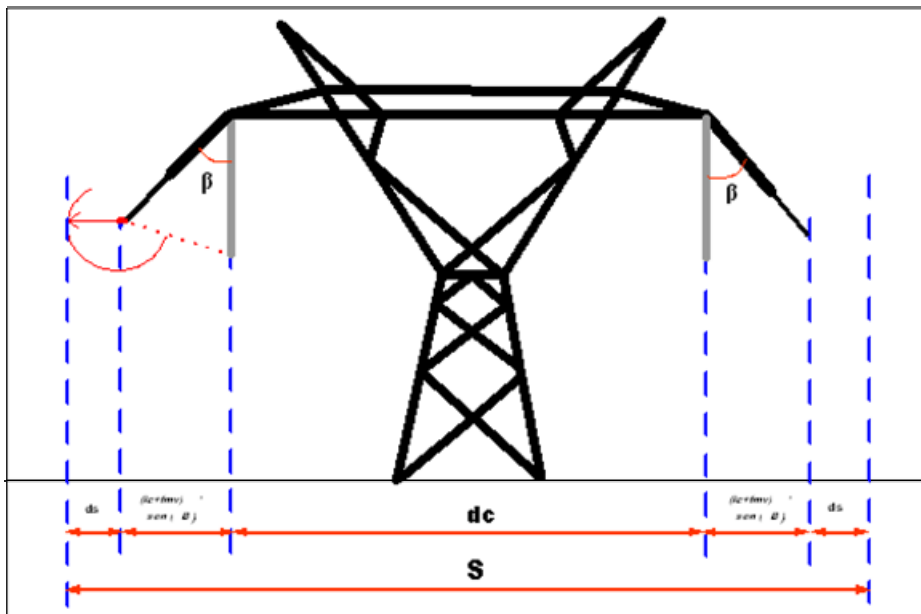
Para servidumbres en zona rural, se establecen dos franjas adyacentes, una a cada lado de la zona de servidumbre, que se indican en la Tabla 16.

Tabla 16. Franjas adyacentes en zona rural

Tensión ( kV )	Ancho en (m)
57,5/66	2,00
110/115	2,50
220/230	3,00
500	4,00

Fuente: Autor

Figura 27. Zona de servidumbre



Fuente: Autor

Con esta nueva delimitación de la zona de servidumbres existen anchos diferentes para los trazados de línea que pasan áreas rurales o urbanas. Para el caso de áreas rurales, la zona de servidumbre tendrá un ancho mayor que en áreas urbanas; debido a las dos franjas adyacentes adicionales. Sin embargo, como se especifica en el capítulo de prohibiciones, recomendaciones y permisos de la propuesta esta zona tiene menos restricciones.

Para interpretar mejor este aspecto se realizó el cálculo de la zona de servidumbre para tres configuraciones diferentes usadas en Interconexión Eléctrica S.A. (ISA) en líneas de 230 kV y 500 kV, ver anexo B, los resultados se presentan en la tabla 17.

Tabla 17. Anchos mínimos de servidumbre de líneas de ISA

Línea	Configuración	Tensión (kV)	Área rural (m)*	Área urbana (m)*
Chivor II-Torca	Vertical doble circuito	230	30,532	26,392
Cerromatoso-Uraba	Horizontal	230	33,9	30,3
San Carlos-Barranca	Delta invertida	230	30,592	26,992
San Carlos-Sabanalarga	Horizontal	500	65,9	60,346

Fuente: Autor

S: Servidumbre

\* Se considera la expresión  $(lc + f_{mv}) * \text{sen}(\beta)$  igual a  $lc$ , es decir, la condición extrema de la desviación del conductor respecto a la vertical

### 5.3.3 Distancias de seguridad

Las distancias de seguridad en la zona de servidumbre establecidas en la propuesta fueron tomadas del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctrica (RETIE) [11], y se establecen teniendo en cuenta que frente al riesgo eléctrico la técnica más efectiva de prevención, siempre será guardar una distancia entre las partes energizadas con el objeto de evitar contactos accidentales.

Sin embargo, de las distancias consignadas en el RETIE, en la propuesta se elimina la distancia a campos deportivos, ya que no debe existir dentro de la zona de servidumbre áreas destinadas a actividades deportivas por el riesgo que representa para las personas. Interconexión Eléctrica S.A. considera que las actividades que promueva la aglomeración de gente en las zonas de servidumbre deben quedar estrictamente prohibidas.

Otra distancia que se modifica en la propuesta de norma es la distancia a cultivos, esta distancia se determina dependiendo de la tensión de la línea. El motivo primordial para cambiar la distancia estipulada en el RETIE, es que estas distancias se consideran excesivas, y están causando un impacto significativamente mayor porque se deben podar o talar mayor vegetación, en la tabla 18 se comparan estas distancias.

Tabla 18. Cuadro comparativo de distancias de seguridad a bosques y áreas cultivadas en la zona de servidumbre.

Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia en (m) RETIE	Distancia en (m) Propuesta
Distancia mínima a Bosques y áreas cultivadas	< 1	5	4
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6	4
	44/34,5/33	5,6	4
	66/57,5	5,8	4
	115/110	6,1	4,2
	230/220	6,8	4,8
	500	8,6	6,4

Fuente: Autor

### 5.3.4 Campos electromagnéticos

Los límites máximos de campos electromagnéticos que se tomaron para la propuesta no fueron los establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctrica<sup>6</sup>. Aunque los límites establecidos en el RETIE son adoptados de la recomendaciones<sup>7</sup> de la Comisión Internacional para la Protección frente a Radiación de No Ionizante (ICNIRP), sucesor de la Asociación Internacional de Protección contra Radiaciones (IRPA) son los límites para sistemas de transmisión de 50 Hz y no de 60 Hz, además no son para exposición del público sino para exposición ocupacional.

<sup>6</sup> Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctrica, capítulo II, artículo 14.

<sup>7</sup> Recomendación del Consejo Europeo relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz), 1999/519/CE.

Los valores de la tabla 19 y 20 se adoptan como límites máximos de exposición a campos electromagnéticos que producen las líneas aéreas de transmisión de baja frecuencia (60 Hz) establecidos como requisito de obligatorio cumplimiento, los cuales se adoptan de los umbrales establecidos por el ICNIRP, para exposición laboral y pública a campos electromagnéticos de frecuencia industrial durante una jornada completa.

Tabla 19. Límites y recomendaciones de exposición del público a campos electromagnéticos

<b>INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (kV/m)</b>	<b>DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (<math>\mu</math> T)</b>
4,2	83

Fuente: ICNIRP

Tabla 20. Límites y recomendaciones de exposición laboral a campos electromagnéticos.

<b>INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (kV/m)</b>	<b>DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (<math>\mu</math> T)</b>
8,3	420

Fuente: ICNIRP

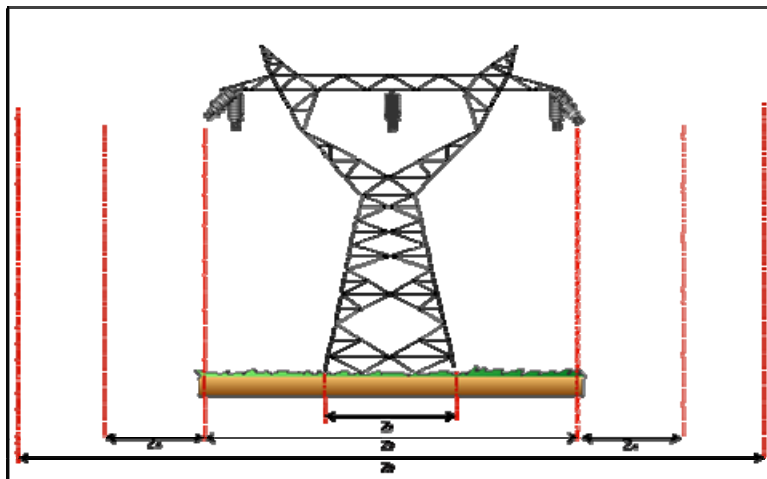
En el anexo C, se presentan los resultados de la simulación de campos eléctricos con un programa en Matlab para la determinación de campos eléctricos en líneas de alta tensión [30]. El resultado obtenido de estas simulaciones permite verificar para las zonas de servidumbre calculadas para las líneas de ISA estudiadas en el anexo B que en los límites de las zonas se cumplan los niveles máximos de campo electromagnéticos admisibles.

### 5.3.5 División de zona de servidumbre

La propuesta pretende dividir la zona de servidumbre de líneas de transmisión en tres zonas, como se ilustra en la figura 28, de acuerdo con el grado de importancia para la operación, mantenimiento y seguridad de las líneas de transmisión, conforme se define a continuación:

- Zona de torre ( $Z_1$ )
- Zona de seguridad: conformada por zona de seguridad de línea ( $Z_2$ ) y la zona de seguridad de torre ( $Z_3$ )
- Zona extra ( $Z_4$ )

Figura 28. División de la zona de servidumbre



Fuente: Autor

La razón principal de esta división es por motivos de seguridad y basado en la experiencia de ISA, no toda la zona de servidumbre requiere el mismo tratamiento. Existen zonas de vital importancia para operación de las líneas: la zona de torre, en la cual cualquier ser vivo tiene mayor riesgo (efectos eléctricos, accidentes al subirse a la torre, etc.), la zona de seguridad, de igual manera presenta riesgos pero son más por influencia eléctrica. Sin embargo, existen otros factores que influye en la determinación de la zona de seguridad ocasionado por situaciones especiales que pueden presentarse en la zona de servidumbre, y de hecho ya se han tenido casos, como son los fenómenos naturales (terremotos, huracanes, inundaciones, etc.), trabajos de reparación en emergencias (reubicación de torres,

desmante de torre, deslizamientos de la torres) y la situación social de nuestro país (Atendamos Mal Intencionados (AMI)). Esta última situación en particular afecta las torres; estructuras metálicas que generalmente son derribadas y que representan un peligro potencia para quienes habitan en su cercanía. Por todo lo anterior, la necesidad de una zona de seguridad de torre.

Esta división de la zona de servidumbre es fundamental para el desarrollo de los siguientes capítulos de la propuesta de norma, porque establece prohibiciones, recomendaciones, permisos y aspectos ambientales de limpieza, mantenimiento para cada una de estas zonas.

### **5.3.6 Prohibiciones, recomendaciones y permisos**

La propuesta de norma establece prohibiciones, recomendaciones y permisos en las zonas de servidumbre necesarias para garantizar el buen funcionamiento de las líneas de transmisión y la seguridad de terceros.

En la parte de prohibiciones se listan algunas actividades que no se pueden realizar en las zonas de servidumbre, en concordancia con las zonas estipuladas en la división indicada anteriormente. De igual manera, se listan algunas construcciones y edificaciones que no se deben permitir porque promueven la concentración de gente. Además, pretende que otras entidades relacionadas con el tema de servidumbres (empresa de distribución local de energía, entidades gubernamentales encargadas de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), autoridades de vigilancia) ayuden al cumplimiento de estas restricciones.

Las recomendaciones y permisos son directrices básicas a tener en cuenta para las zonas torre, seguridad y extra. Con se puede ver en el anexo A, los permisos son para la zona extra de la servidumbre, por ser la zona exterior (con menor influencia eléctrica) y en la cual se pueden ubicar por ejemplo líneas o redes de distribución de energía aéreas o subterráneas. El cambio significativo que plantea la propuesta, se refiere a las zonas extras en áreas rurales, las cuales tiene mayor distancia que las de áreas urbanas. Sin embargo, en ellas las restricción al dominio es diferente, ya que el dueño del predio podrá realizar construcciones de una sola planta, siendo está una de las restricciones que más inconvenientes

causaba a las empresas de transmisión de energía, que impedía al propietario la construcción en sus terrenos.

Otro aspecto importante en este capítulo es que brinda herramientas a las empresas de transmisión de energía para poder prevenir y controlar la instalación de objetos, servicios que necesitan el uso de maquinaria y nuevos proyectos de implantación, alteración o mejoramiento en lotes en terrenos donde existan líneas de transmisión. Si las empresas consideran necesario pueden demarcar las zonas de servidumbre donde consideren necesario.

### **5.3.7 Autorizaciones**

Este capítulo complementa el capítulo anterior brinda soporte jurídico y de procedimiento a las empresas de transmisión de energía para conceder permisos y autorizaciones para el uso de las zonas de servidumbre.

### **5.3.8 Limpieza, desmote y mantenimiento de la zona de servidumbre**

En Colombia existe una creciente sensibilización social ante los valores del medio y por aquellas actividades que causan impactos ambientales. El mantenimiento de las zonas de servidumbre es una de estas.

Esta actividad es estratégica para las empresas de transmisión de energía para garantizar la operación satisfactoria del Sistema Interconectado Nacional (STN). Es por ello, que este capítulo de la propuesta de norma plantea recomendaciones específicas para la limpieza, desmote y mantenimiento de las zonas de servidumbre procurando minimizar impactos negativos en el medio ambiente.

Lo aspectos contenidos en este capítulo son:

- Establece la distancia mínima de separación entre los conductores y la masa de arbolado, esta distancia es la que determina el corte de vegetación en los mantenimientos.
- Recomendaciones y permisos para la zona de seguridad y extra, en relación a actividades de tipo ambiental.
- Recomendaciones para realizar los mantenimientos, teniendo en cuenta los sitios de despeje, zonas de cultivos, de vegetación vedada y focos de erosión.
- Plantea pautas preventivas y correctoras con el fin de evitar inconvenientes con los propietarios de predios, accidentes debidos a incumplimiento de las recomendaciones de seguridad.

### **5.3.9 Metodología para el cálculo de la indemnización de terrenos por servidumbre**

Debido a las inconvenientes que se presentan con la negociación de los predios necesarios para la construcción o variante de una línea de transmisión de energía, se establece una metodología para el cálculo de la indemnización de estos terrenos a través de una escala de valores.

Esta escala de valores permite a las partes (titular de la servidumbre y propietario del predio) el cálculo del coeficiente de restricción, el cual representa un elemento de juicio para determinar la minusvalía o depreciación que la presencia de la línea de transmisión de energía ocasiona en un determinado inmueble, predio o parcela. Asimismo permite cuantificar el grado de limitaciones impuestas por la zona de servidumbre, en concordancia con las zonas establecidas en el capítulo 8<sup>8</sup> de la propuesta de norma (ver anexo A).

Este capítulo de la propuesta de norma tiene muchas implicaciones de tipo económico y social (mitigar inconvenientes en la negociación de predios). Para estudiar el impacto económico de los cambios propuestos se realizó en el anexo D la simulación del emplazamiento de una línea de transmisión de ISA (Antigua línea Primavera-Termopón en el departamento de Santander), suponiendo que la

---

<sup>8</sup> División de la zona de servidumbres. Capítulo 7. Anexo A.

adquisición de los predios se efectuó con los precios actuales. Se estudiaron dos escenarios, uno con la delimitación establecida en el RETIE y otro de acuerdo con la propuesta de norma.

Los resultados muestran una disminución del 21% del pago realizado en la primera situación, es decir, los montos de indemnización simulados con la propuesta de norma representa un ahorro para las empresas de transmisión de energía principalmente por los criterios de delimitación (anchos variables) y porcentajes de indemnización establecidos para cada una de las zonas de segmentación de la servidumbres (zona de torre, zona de seguridad de línea y de torre y zona extra).

## 6 CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de este proyecto Interconexión Eléctrica S.A. cuenta con una base de datos de normas, resoluciones, decretos y leyes relacionadas con el tema de las zonas de servidumbre. Esta información esta organizada por países en el cual se encuentra archivos tipo texto, adobe acrobat y enlace a páginas web. Esta base de datos se encuentra en la biblioteca del Centro de Transmisión de Energía CTE Oriente.
- La información recopilada en los países consultados fue vital para encontrar alternativas de tipo técnico y normativo para estructurar el documento de la propuesta de norma con el cual las empresas encargadas de la transmisión de energía tienen argumentos técnicos y legales para prevenir, controlar y mitigar las principales causas de los inconvenientes que se origina en las zonas de servidumbre.
- Se plantea un nuevo criterio para determinar el ancho de las zonas de servidumbre en Colombia de manera distinta a como actualmente se realiza. Este criterio tiene en cuenta las especificaciones de la línea, lo cual cambia las zonas normalizadas que existen hoy por zonas variables. Esta optimización es fundamental para disminuir el impacto sobre las comunidades afectadas por la construcción de líneas de transmisión de energía. Además, establece zonas dentro de las servidumbres rurales donde se permiten casas teniendo en cuenta recomendaciones especiales.
- La metodología para el cálculo de la indemnización de terrenos para la constitución de servidumbre facilita la negociación entre el titular de la servidumbre y propietario del predio, ya que el cálculo del coeficiente de restricción representa un elemento de juicio para determinar la depreciación que la presencia de la línea de transmisión de energía ocasiona en un determinado inmueble, predio o parcela. Asimismo permite cuantificar el grado de limitaciones impuestas por la zona de servidumbre.
- Se adopta las directrices del ICNIRP establecidas en la Recomendación del Consejo Europeo relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz). Esta organización presenta los

valores más conservativos y con mayores factores de seguridad basadas en evidencias científicas.

- La división de la zona de servidumbre de acuerdo con el grado de importancia para la operación, mantenimiento y seguridad de las líneas de transmisión permite a las empresas de transmisión de energía un mejor control y prevención para garantizar la seguridad de las personas. La razón principal de esta división es mitigar los problemas sociales que se presentan en las zonas de servidumbres debido a situaciones especiales (terremotos, huracanes, inundaciones, reubicación de torres, desmonte de torre, deslizamientos de las torres y Atendamos Mal Intencionados (AMI) que generan molestias a la comunidad en especial aquellas ubicadas en cercanías a los sitios de torre.
- La propuesta de norma contiene un capítulo en el que se establecen parámetros y recomendaciones orientados a los aspectos ambientales que ocasiona inconvenientes en la zona de servidumbres. Estas recomendaciones están encaminadas a mejorar la ejecución de los mantenimientos.
- La propuesta de norma brinda herramientas (análisis de instalación de objetos en la zona de servidumbres, listado de construcciones y actividades prohibidas) para que las empresas de transmisión de energía puedan garantizar la seguridad de sus instalaciones
- No se deben permitir las en zonas de servidumbres actividades que de permitan o promuevan la aglomeración de personas en la zona de servidumbre de líneas de transmisión de energía. Ya que esto representa un alto riesgo, el cual las empresas de transmisión de energía deben evitar.
- Es estudio de este tema y la realización de este proyecto se ve reflejado no solo en resultados de tipo técnico, normativo y legal sino también de tipo económico, ya que la optimización de los trazados de la línea de transmisión de energía se refleja en la disminución de costos en la adquisición de predios, casas, mejoras y compensación e indemnización por mantenimientos en la zona de servidumbre.

- El ejercicio laboral llevado a cabo por el autor durante este proyecto genera beneficios a nivel profesional obtenidos en este caso por la interrelación con diferentes aéreas de una empresa de gran importancia en el sector eléctrico en Colombia y Latinoamérica, que permiten poner en práctica los conceptos adquiridos y estudiados en la vida universitaria.
- Este tipo de proyectos enriquecen el nivel profesional de los egresados de la universidad y permiten afianzar los lazos de colaboración entre ésta y el sector productivo.

## 7 RECOMENDACIONES

- El documento (propuesta de norma de orientación técnica para la atención de servidumbres de líneas de transmisión) elaborado en este proyecto se deja a consideración y estudio de Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. para que sea presentado como propuesta de norma sectorial o posible inclusión y modificación del RETIE (Requisitos específicos para el proceso de transmisión).
- El desarrollo de este proyecto representa tan solo un avance técnico social y ambiental del tema de servidumbres. Sin embargo debe plantearse más proyectos relacionados con este tema, ya que existen aspectos de jurídicos y ambientales en los cuales no se ha trabajado.
- Se debe iniciar un proyecto piloto en ISA, para tener el inventario de flora y fauna existente en los corredores de las líneas de transmisión, enfocado principalmente establecer el tipo de vegetación compatible con la operación de la línea. Pensando en procesos de sustitución de vegetación de gran crecimientos que causa inconvenientes en la operación de las línea de transmisión de energía

Este inventario significaría para ISA tener información de las características de flora y fauna que posee en los corredores de sus líneas, estudiar el proceso de crecimiento, zonas críticas, periodos favorables de corte, cuidado de la vegetación que se encuentra vedada, y principalmente establecer de acuerdo a la condiciones climáticas el tipo de vegetación que se puede tener bajo los conductores permitiendo iniciar un proceso de sustitución de vegetación.

- Es fundamental incentivar el uso del suelo de la zona de servidumbre para actividades que no generan riesgo, como por ejemplo apoyo a proyectos agrícolas productivos de especies de menor crecimiento. Principalmente para evitar los cultivos que requieren quemas periódicas. Esto permite generar valor agregado al propietario del terreno con imposición de servidumbre.

- Es necesario la capacitación del personal que realiza las labores de mantenimiento, es especial, en tema ambiental, los procedimientos necesarios para el manejo de flora, fauna, suelos y fuentes hídricas. Asimismo, formación ambiental crea consciencia de la importancia y responsabilidad que implica talar o podar correctamente un árbol.
- Se requiere una base de datos con información ambiental. Es decir, que en la orden de mantenimiento de servidumbre, el personal encargado de efectuar el mantenimiento posea información previa del mantenimiento (reseña histórica). Ya que muchos de inconvenientes que se presentan con la comunidad es por desconocimiento de acuerdos adquiridos en mantenimientos anteriores, con los propietarios.
- Se debe clarificar la responsabilidad de las entidades territoriales (en sus Planes de Ordenamiento Territorial (POT)), en el control de las restricciones de las zonas de servidumbre, en especial en las invasión de casas, ya que se debe apoyar la labor de las empresas de transmisión de energía.
- Es necesario la educación de la comunidad en aspectos referentes al riesgo que implica la construcción de viviendas en la zona de servidumbres. Los esfuerzos se deben enfocar en tres pilares básicos:
  - La comunidad
  - Las personas que construyen (albañiles, constructoras, cooperativas, corporaciones, ingenieros, etc.)
  - Las autoridades

Si se logra permanente recordar los riesgos de las zonas de servidumbres a estos tres actores de este problema se podrá lograr resultados favorables.

- No podemos olvidar que la sociedad rechaza las infraestructura de energía por considerarlas agresoras del medio ambiente, ya sea por los impactos que causan las grandes centrales hidroeléctricas , centrales térmicas, líneas aéreas o subestaciones

En los nuevos proyectos se recomienda empezar a estudiar la posibilidad de cambiar las líneas de transmisión, de modernizar las estructuras convencionales de las torres con el fin de mejorar la aceptación social de este tipo de estructuras. Sustituir los apoyos convencionales (estructuras metálicas tipo estándar en celosía) por apoyos tubulares. El objetivo sería realizar nuevos diseños impulsando las infraestructuras de carácter artístico, que combinen colores, materiales y formas que las dote de un aspecto más atractivo.

En el mundo como se pudo observar en la investigación de la situación mundial de las servidumbres se están utilizando apoyos tubulares en líneas aéreas, en especial en las zonas urbanas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Ley 142/1994, 11 de julio, del Congreso de Colombia, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios. Diario oficial No. 41433 de 11 de julio de 1994.
- [2]. ROMERO, Magda y CORREDOR, Cesar. Análisis de problemas actuales en las servidumbres de las líneas de transmisión de ISA. Bucaramanga, 2005. 140 p. Trabajo de grado (Tecnólogo en electricidad y telefonía, Tecnóloga Ambiental). Unidades Tecnológicas de Santander. Facultad de ciencias naturales y tecnológicas
- [3] Capacitación introducción a SAP, catálogo de avisos Ambientales M8. Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. (online). Bucaramanga, Colombia. URL: <http://isanet.com>. (Consultado febrero de 2005).
- [4] O. J. Grosso. Apunte: Reglamentación sobre servidumbres de electroducto especificación técnica N° T-80 (online). Buenos Aires, Argentina. Abril, 1972 URL: <http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.NSF/0/1bd049c995af427a032568180051d383?OpenDocument>. (Consultado marzo, 2005).
- [5] ASOCIACIÓN BRASILEÑA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. Norma NBR-5422 Proyectos de líneas aéreas de transmisión de energía. Brasil. 2003. 135 p.
- [6] COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA Y GAS. CREG 025/95. Código de Redes, como parte del reglamento de operación del Sistema Interconectado Nacional. Bogota, 1995.141p.
- [7] COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA Y GAS, CREG 098/00. Anexo CC1 del Código de Conexión (Resolución CREG-025 de 1995). Bogota. 2000.12 p.
- [8] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. Bogota.2004.119 p.

- [9] Ley 976/1982, de 17 de diciembre, por la cual se amplía la ley 966/1964, de 12 de agosto, que crea la Administración Nacional de Electricidad (ANDE). Asunción Paraguay. Registro Oficial de 17 de diciembre de 1982.
- [10] MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Norma DGE 025 – P-1. Norma sobre imposición de servidumbres. Lima, Perú. 1988. 14 p.
- [11] MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Descripción de actividades en líneas de transmisión, guía ambiental para proyectos de transmisión de energía eléctrica. Bogota. 1999.
- [12] Decreto 3151/1968, de 28 de noviembre, aprueba el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Boletín Oficial de Estado. Madrid, España, 27 diciembre de 1968.
- [13] UNIDAD REGULADORA DE SERVICIOS DE ENERGÍA Y AGUA. Reglamento de Transmisión de Energía Eléctrica. Montevideo, Uruguay. 2002. 34 p
- [14] GRUPO, Pandora S.A. Campos eléctricos y magnéticos de 50 Hz, análisis del estado del conocimiento. SE 3084-01. España, 2001. 102 p.
- [15] SUPERINTENDENCIA SECTORIAL DE ELECTRICIDAD. SUPERELE. Reglamento para el uso de bienes de dominio público y constitución de servidumbres, Art.40. Capítulo II. La paz, Bolivia. 1994.
- [16] UNESA. URL: [http://www.unesa.es/interior\\_enlaces\\_internacionales.html](http://www.unesa.es/interior_enlaces_internacionales.html). Marzo de 2005.
- [17] Red Eléctrica de España .URL: <http://www.ree.es>. Marzo de 2005.
- [18] Red de Energía de Francia. URL: <http://www.rte-france.com>. Abril de 2005.
- [19] Trasmisora Paulista. URL: <http://www.cteep.com.br>. Abril de 2005.
- [20] Compañía de Electricidad del Estado de Bahía. URL: <http://www.coelba.com.br>. Abril de 2005.

- [21] Sistema Operador y Transmisor de Finlandia.  
URL:[http://www.fingrid.fi/in\\_english/](http://www.fingrid.fi/in_english/). (Consultada mayo de 2005)
- [22] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. III Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente. 6 y 7 de octubre de 1999. · Madrid, · España. 247 p.
- [23] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. IVI Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente. 3 y 4 de octubre de 2003. · Madrid, · España. 325p.
- [24] EGUILUZ, Luís Ignacio. Las infraestructuras eléctricas: necesidad y contestación social, presentado a la IV Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente. Madrid, España. Octubre 2 y 3, 2003.
- [25] CONTRERAS, Alberto. Metodología de simulación visual de instalaciones eléctricas, presentado a la IV Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente. Madrid, España. Octubre 2 y 3, 2003.
- [26] GIL DEL POZO, Mercedes, ROIG, Jorge, PERÉZ, Carlos, PERÉZ, Mariano y AZCALTE, José Maria. Uso de apoyos de líneas eléctricas para la nidificación de rapaces. Presentado a la IV Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente. Madrid, España. Octubre 2 y 3, 2003.
- [27] A. Gallego. "Optimización del diseño de líneas y reducción de impactos. Presentado a la IV Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente. Madrid, España. Octubre 2 y 3, 2003.
- [28] Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. URL:<http://www.isa.com>. Abril de 2005.
- [29] Ley 99/1999, del 22 de diciembre, del Ministerio de Medio Ambiente, por la cual se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Bogotá. Decreto Oficial 41.146.
- [30] DIAZ, Julián. Campo Eléctrico determinación en líneas de alta tensión y estudio de su influencia en los seres humanos. Bucaramanga. 2000. 120 p. Tesis (Ingeniero Electricista). Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

ANEXO A



PROPUESTA DE NORMA DE  
ORIENTACIÓN TÉCNICA PARA LA ATENCIÓN DE  
SERVIDUMBRES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

DOCUMENTO ISA.ETN-XX-XXX-XX

REVISIÓN - APROBACIÓN					
Revisión No.		1	2	3	4
Elaborado por :	Nombre	Samuel Estévez Neira	Samuel Estévez Neira		
	Fecha	2005	22/05/06		
Revisado por :	Nombre	Carlos H. Gaitan	Carlos H. Gaitan		
	Fecha	12/12/05	12/05/06		
Aprobado por:	Nombre				
	Fecha				

© 2003 Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. – ISA. Todos los derechos reservados.  
Se prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la aprobación expresa de ISA

## ÍNDICE

1.	OBJETO.....	86
2.	ALCANCE .....	86
3.	DEFINICIONES.....	87
4.	CAMPO DE APLICACIÓN .....	90
5.	ZONA DE SERVIDUMBRE .....	90
5.1	DELIMITACIÓN.....	90
6.	DISTANCIAS DE SEGURIDAD .....	92
6.1	Cruce Normal.....	93
6.2	Cruces con ferrocarriles y funiculares.....	94
6.3	Cruce con ferrocarriles electrificados .....	95
6.4	Cruce con ríos, canales navegables. ....	96
6.5	Cruce de líneas.....	98
7.	DIVISIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE .....	99
7.1	Zona de torre ( $Z_1$ ).....	99
7.2	Zona de seguridad .....	99
7.2.1	Zona de seguridad de línea ( $Z_2$ ).....	99
7.2.2	Zona de seguridad de Torre ( $Z_3$ ).....	100
8.	CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	102
9.	PROHIBICIONES, RECOMENDACIONES Y PERMISOS.....	103
9.1	Prohibiciones en zona de torre .....	103
9.2	Prohibiciones en zona de seguridad y en zona extra .....	103
9.2.1	Edificaciones .....	104
9.2.2	Áreas de recreación .....	105
9.3	Recomendaciones en zona de seguridad y en zona extra .....	105
10.	RESPONSABILIDADES.....	106
11.	NUEVOS PROYECTOS.....	106
12.	SERVICIOS Y USO DE MAQUINARÍA.....	106
13.	ANÁLISIS TÉCNICO DE INSTALACIÓN DE OBJETOS EN ZONA DE SERVIDUMBRE .....	107
14.	DEMARCACIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE .....	107
14.1	Señales de aeronavegación.....	107
15.	AUTORIZACIONES .....	108
16.	LIMPIEZA, DESMONTE Y MANTENIMIENTO DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE .....	110
16.1	Distancia mínima de corte.....	110
16.2	Recomendaciones en zona de torre .....	111
16.3	Recomendaciones en zona de seguridad y extra .....	111
16.4	Permisos en zona de seguridad y extra.....	112

16.5	Mantenimientos.....	112
16.5.1	Sitios de Torre (Caso 1).....	113
16.5.2	Sitios del vano con riesgo de acercamiento (caso 2).....	113
16.5.3	Sitios del vano sin peligro de acercamiento. (Caso 3).....	114
16.6	Desperdicios, residuos y sustancia contaminantes.....	114
16.7	Vegetación vedada o en peligro de extinción.....	115
16.8	Zonas cultivables.....	115
16.9	Árboles fuera de la zona de servidumbre.....	115
16.10	Focos de erosión.....	116
16.11	Drenajes naturales, fuentes y nacimientos de agua.....	116
16.12	Utilización y adecuación de accesos.....	117
16.13	Apertura de alambrado y cercos.....	117
16.14	Recomendaciones de seguridad.....	118
17.	METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA INDEMNIZACIÓN DE TERRENOS POR SERVIDUMBRE.....	118
17.1	FIJACIÓN DE LA COMPENSACIÓN.....	119
17.1.1	Coefficiente de restricciones.....	119

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distancia horizontal de seguridad .....	91
Tabla 2. Franjas adyacentes en zona rural .....	91
Tabla 3. Distancia de seguridad en cruces normales .....	94
Tabla 4. Distancias en cruces con ferrocarriles y funiculares .....	95
Tabla 5. Distancia en cruces con ferrocarriles electrificados. ....	96
Tabla 6. Distancia vertical en cruces con ríos, cauces de agua, canales navegables, adecuados para embarcaciones con altura mayor a 2 m y menor de 7 m. ....	97
Tabla 7. Distancia vertical en cruces con ríos, cauces de agua, canales navegables, no adecuados para embarcaciones con altura mayor a 2 m. .....	97
Tabla 8. Distancias verticales mínimas en vanos con cruces de líneas.....	98
Tabla 9. Límites y recomendaciones de exposición del público a campos electromagnéticos. ....	102
Tabla 10. Límites y recomendaciones de exposición laboral a campos electromagnéticos. ....	102
Tabla 11. Diámetro mínimo de las balizas según nivel de tensión.....	108
Tabla 12. Porcentajes de restricción según el tipo de explotación o destino del suelo .....	121
Tabla 13. Porcentajes de restricción según forma del trazado .....	122

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación de la zona de servidumbre .....	92
Figura 2. Distancias “d1” y “d” en cruces y recorridos de vías .....	94
Figura 3. Distancia “e” en cruces con ferrocarriles sin electrificar .....	95
Figura 4. Distancia “f” en cruces con ferrocarriles electrificados .....	96
Figura 5. Distancia “g” en cruces con ríos, cauces de agua, .....	97
Figura 6. División de la zona de servidumbre .....	101
Figura 7. Zonas de despeje caso 1 y caso 2. ....	113
Figura 8. Zona de despeje caso 3.....	114
Figura 9. Árboles fuera de la zona de servidumbre. ....	116

# **NORMA TÉCNICA DE ORIENTACIÓN PARA LA ATENCIÓN DE SERVIDUMBRES EN COLOMBIA**

## **1 OBJETO**

El objeto de la presente norma es establecer criterios, parámetros y recomendaciones para la delimitación, utilización y ocupación de la zonas de servidumbre, que garanticen la seguridad de las personas, la vida animal, la preservación del medio ambiente y serias relaciones entre la comunidad y las empresa de transmisión de energía en los procesos de construcción, operación y mantenimiento de las líneas de transmisión de energía en Colombia.

## **2 ALCANCE**

La presente norma es aplicable a proyectos, construcciones y mantenimientos de líneas de transmisión de energía.

Establece parámetros técnicos para la relimitación de la zona de servidumbre.

Establece restricciones y recomendaciones específicas dentro las zonas de servidumbres con el fin de prevenir riesgos de origen eléctrico causados por las líneas de transmisión.

Define criterios fundamentales para la negociación de las zonas de servidumbre.

Esta norma es un documento de consulta jurídica para las empresas de transmisión de energía en Colombia.

### 3 DEFINICIONES

**Accesible:** Que esta al alcance de de una persona, sin valerse de medio alguno y sin barreras físicas de por medio.

**Baliza:** señal fija de aeronavegación, que permite la visión diurna o nocturna de un conductor de fase o del cable de guarda.

**Bien:** Una entidad que presta una determinada función social, es decir, que tiene valor.

**Cable:** Conjunto de alambres sin aislamiento entre si y entorchado por medio de capas concéntricas.

**Consignación:** Conjunto de operaciones destinadas a abrir, bloquear y formalizar la intervención sobre un circuito.

**Contratistas:** Persona natural o jurídico que responde ante el dueño de una obra, para efectuar actividades de asesoría, interventoría, diseño, supervisión, construcción, operación, mantenimiento u otras relacionadas con las líneas eléctricas y equipos asociados.

**Daño:** Consecuencia material de un accidente.

**Distancia al suelo:** Distancia mínima, bajo condiciones ya especificadas, entre el conductor bajo tensión y el terreno.

**Distancias de seguridad:** Es la mínima distancias entre una línea energizada y una zona donde se garantiza que no habrá accidente por acercamiento.

**Emergencia:** Situación que se presenta por un hecho accidental y que requiere suspender todo trabajo para atenderla.

**Empresa:** Unidad económica que se representa como un sistema integral con recursos humanos, de información, financieros y técnicos que producen bienes y servicios y genera utilidad.

**Fase:** Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

**Flecha:** Distancia vertical máxima en un vano, entre el conductor y la línea recta que une los dos puntos de sujeción.

**Impacto Ambiental:** Acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio ambiente o en alguno de los componentes del mismo.

**Inducción:** Fenómeno en el que el cuerpo energizado, transmite por medio de su campo eléctrico o magnético, energía a otro cuerpo, a pesar de estar separados por un dieléctrico.

**Inspección:** Conjunto de actividades tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad.

**Línea de transmisión:** Un sistema de conductores y sus accesorios, para que el transporte de energía eléctrica, desde una planta de generación o una subestación a otra subestación. Un circuito teórico equivalente que representa una línea de energía o de comunicaciones.

**Línea eléctrica:** Conjunto compuesto por conductores, aisladores, estructuras y accesorios destinados al transporte de energía eléctrica.

**Mantenimiento:** Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

**Material:** Cualquier sustancia, insumo, parte o repuesto que se transforma con su primer uso o se incorpora a un bien como parte de él.

**Nominal:** Término aplicado a unas características de operación, indica los límites de diseño de esa característica para los cuales presenta las mejores condiciones de operación. Los límites siempre están asociados a una norma técnica.

**Peligro:** Exposición incontrolada del riesgo.

**Persona:** Individuo de la especie humana, cualquier sea su edad, sexo, estirpe o condición.

**Permiso de aprovechamiento forestal:** Es la autorización que otorga una Autoridad Ambiental para talar, erradicar y/o aprovechar árboles presentes en una Región determinada

**RETIE:** Acrónimo del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia.

**Riesgo:** Condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional. Posibilidad de consecuencias nocivas o perjudiciales vinculadas a exposiciones reales o potenciales.

**Seguridad:** Estado de riesgo aceptable o actitud mental de las personas.

**Señalización:** Conjunto de actuaciones y medios dispuestos para reflejar las advertencias de seguridad en una instalación.

**Servicio:** Prestación realizada a título profesional o en forma pública, en forma onerosa o no, siempre que no tenga por objeto directo la fabricación de bienes.

**Técnica:** Conjunto de procedimientos y recursos que se derivan de aplicaciones prácticas de una o varias ciencias.

**Tensión:** La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud cuya unidad es el voltio.

**Tensión nominal:** Valor convencional de la tensión con el cual se designa una sistema, instalación o quipo y para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para el caso de sistemas trifásicos, se considera como tal la tensión entre fases.

**Vano:** Distancia horizontal entre dos apoyos adyacentes de una línea o red.

**Zona:** Extensión considerable de terreno cuyos límites están determinados por razones administrativas, políticas, etc.

## 4 CAMPO DE APLICACIÓN

La presente norma debe ser aplicada a toda instalación nueva, ampliación o zonas de servidumbre pendiente de legalización. Y podría ser aplicada en cualquier línea completa existente, previa solicitud de la empresa de transmisión de energía.

## 5 ZONA DE SERVIDUMBRE

Toda línea de transmisión con tensión nominal igual o mayor a 57,5 kV, debe tener una zona de servidumbre.

La zona de servidumbre de una línea de transmisión de alta y extra alta tensión, es una franja de terreno bajo la línea, determinada en función de sus características eléctricas y mecánicas, necesaria para garantizar su instalación, mantenimiento, operación y la seguridad de sus instalaciones, trabajadores, de terceros y la preservación del medio ambiente.

### 5.1 DELIMITACIÓN

La delimitación de la zona de servidumbres de una línea de transmisión de alta y extra alta tensión se determina teniendo en cuenta el balanceo de los conductores debido a la carga de viento, a efectos eléctricos y al posicionamiento de los cimientos de los soportes.

El ancho mínimo de la zona de servidumbres esta dado por la siguiente expresión (ver Figura 1):

$$S = dc + 2(lc + f_{mv}) * \text{sen}(\beta) + 2 * ds \quad 5.1$$

Donde:

S : ancho en metros de la zona de servidumbre.

$dc$  : distancia horizontal metros entre conductores externos en estado de equilibrio.

$lc$  : longitud cadena de aisladores

$fmv$  : flecha máxima del conductor, en metros

$\beta$  : ángulo de declinación de la cadena de aisladores en la hipótesis de viento máximo, medido respecto de la vertical.

$ds$  : distancias horizontal mínima de seguridad, medida a partir de la posición del conductor declinado del ángulo  $\beta$ . Este valor se obtiene de la Tabla 1.

Tabla 1. Distancia horizontal de seguridad

Tensión	Distancia $ds$ (m)	Distancia $ds$ (m)
( kV )	Zona rural	Zona urbana <sup>(1)</sup>
57,5/66	3,00	4,20
110/115	3,15	4,35
220/230	3,75	4,95
500	5,60	6,80

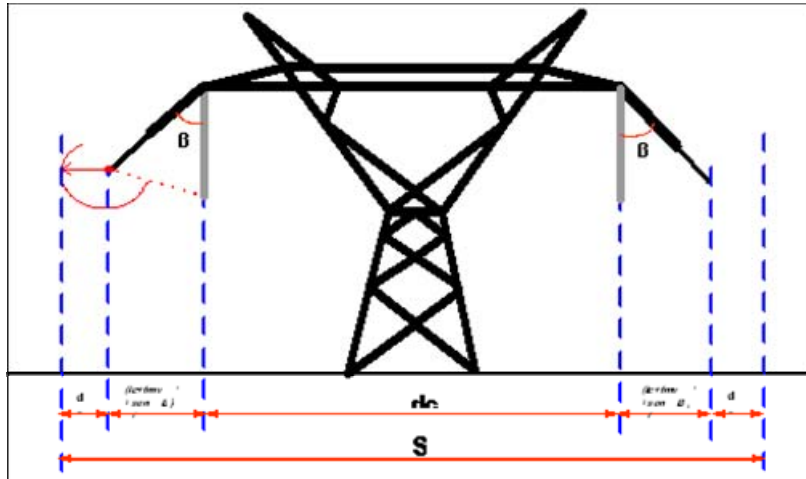
(2) Los valores de esta columna disminuidos en 1,20 m deben además verificarse como distancia mínima horizontal entre conductor declinado y parte más saliente de la edificación (balcones, aleros, marquesinas, etc.)

Para servidumbres en zona rural, se establecen dos franjas adyacentes ( $fa$ ), una a cada lado de la zona de servidumbre, que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Franjas adyacentes en zona rural

Tensión ( kV )	Distancia $fa$ en (m)
57,5/66	2,00
110/115	2,50
220/230	3,00
500	4,00

Figura 1. Delimitación de la zona de servidumbre.



## 6 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Teniendo en cuenta que frente al riesgo eléctrico la técnica más efectiva de prevención, consiste en guardar distancia a las partes energizadas, en este capítulo se indican las distancias mínimas de acuerdo con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), y el National Electrical Safety Code, ANSI C2, que deben guardarse entre líneas eléctricas y elementos físicos existentes a lo largo del trazado (carreteras, edificios, etc.) con el objeto de evitar contactos accidentales.

Todos los valores de tensión dados en estas tablas corresponden a valores fase - fase. Todas las distancias de seguridad deberán ser medidas de superficie a superficie y todos los espacios deberán ser medidos de centro a centro. Para la medición de distancias de seguridad, los accesorios metálicos normalmente energizados serán considerados como parte de los conductores de línea. Las bases metálicas de los terminales del cable y los dispositivos similares deberán ser considerados como parte de la estructura del soporte.

**Nota 1:** Las distancias de seguridad establecidas en las siguientes tablas, aplican a conductores desnudos.

**Nota 2:** En el caso de tensiones mayores a 57,5 kV entre fases, las distancias especificadas en las tablas se incrementarán en un 1% por cada 100 m que sobrepasen los 1000 metros sobre el nivel del mar.

**Nota 3:** Las distancias verticales se toman siempre desde el punto energizado más cercano al lugar de posible contacto.

**Nota 4:** Las distancias horizontales se toman desde la fase más cercana al sitio de posible contacto.

**Nota 5:** Un techo, balcón o área es considerado fácilmente accesible para los peatones si éste puede ser alcanzado de manera casual a través de una puerta, rampa, ventana, escalera o una escalera a mano permanentemente utilizada por una persona, a pie, alguien que no despliega ningún esfuerzos físico extraordinario ni emplea ningún instrumento o dispositivo especial para tener acceso a éstos. No se considera un medio acceso a una escalera permanentemente utilizada si es que su peldaño más bajo mide 2,45 m o más desde el nivel del piso u otra superficie accesible permanentemente instalada.

**Nota 6:** Si se tiene un tendido aéreo con cable aislado y con pantalla, no se aplican estas distancias.

**Nota 7:** En techos metálicos cercanos y en casos de redes de conducción que van paralelas o que cruzan las líneas alta y extra alta tensión, se debe verificar que las tensiones inducidas no presenten peligro o no afecten su funcionamiento.

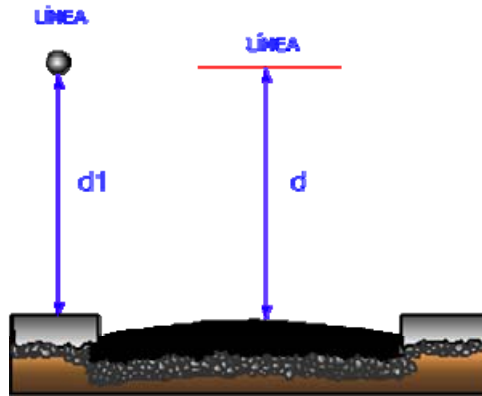
A continuación se presentan las distancias mínimas que deben guardarse entre líneas eléctricas y elementos físicos existentes a lo largo de su trazado, con el objeto de evitar contactos accidentales.

## **6.1 Cruce Normal**

Distancia mínima al suelo “d” en cruces con carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular (Figura 2).

Distancia mínima al suelo “d1” desde líneas que recorren avenidas, carreteras y calles (Figura 2).

Figura 2. Distancias “d1” y “d” en cruces y recorridos de vías



Fuente: RETIE

Tabla 3. Distancia de seguridad en cruces normales

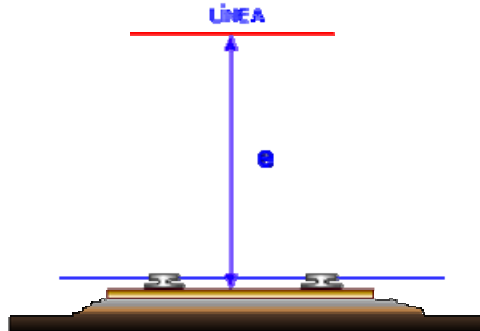
Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia d1 y d en (m)
< 1	5
13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
44/34,5/33	5,6
66/57,5	5,8
115/110	6,1
230/220	6,8
500	8,6

Fuente: RETIE

## 6.2 Cruces con ferrocarriles y funiculares.

Distancia mínima al suelo “e” en cruces con ferrocarriles sin electrificar o funiculares. (Figura 3).

Figura 3. Distancia “e” en cruces con ferrocarriles sin electrificar.



Fuente: RETIE

Tabla 4. Distancias en cruces con ferrocarriles y funiculares

Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia “e” en (m)
< 1	7,5
13,8/13,2/11,4/7,6	8,1
44/34,5/33	8,1
66/57,5	8,3
115/110	8,6
230/220	9,3
500	11,1

Fuente: RETIE

### 6.3 Cruce con ferrocarriles electrificados

Distancia vertical “f” en cruces con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses (Figura 4)

Figura 4. Distancia “f” en cruces con ferrocarriles electrificados

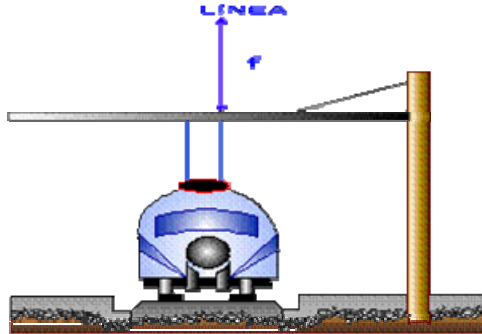


Tabla 5. Distancia en cruces con ferrocarriles electrificados.

Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia “e” en (m)
< 1	1,0
13,8/13,2/11,4/7,6	1,8
44/34,5/33	1,8
66/57,5	2,0
115/110	2,3
230/220	3,0
500	4,8

Fuente: RETIE

#### 6.4 Cruce con ríos, canales navegables.

Distancia vertical al suelo “g” en cruces con ríos, canales navegables y flotantes adecuados para embarcaciones con altura superior a 2 m y menor de 7 m (Figura 5).

Distancia vertical al suelo “g” en cruces con ríos, canales navegables y flotantes, no adecuados para embarcaciones con altura superior a 2 m (Figura 5).

Figura 5. Distancia "g" en cruces con ríos, cauces de agua, canales navegables.

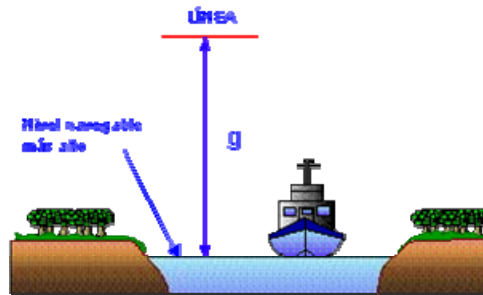


Tabla 6. Distancia vertical en cruces con ríos, cauces de agua, canales navegables, adecuados para embarcaciones con altura mayor a 2 m y menor de 7 m.

Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia "g" en (m)
< 1	9,6
13,8/13,2/11,4/7,6	10,2
44/34,5/33	10,2
66/57,5	10,4
115/110	10,6
230/220	11,3
500	12,9

Fuente: RETIE

Tabla 7. Distancia vertical en cruces con ríos, cauces de agua, canales navegables, no adecuados para embarcaciones con altura mayor a 2 m.

Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia "g" en (m)
< 1	4,6
13,8/13,2/11,4/7,6	5,2
44/34,5/33	5,2
66/57,5	5,4
115/110	5,6
230/220	6,3
500	7,9

Fuente: RETIE

## 6.5 Cruce de líneas

Distancias mínimas verticales en cruces de líneas (Tabla 8).

Tabla 8. Distancias verticales mínimas en vanos con cruces de líneas

		Distancias en metros									
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea superior	500	4,8	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,6	5,3	7,1	
	230/220	3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,9	3,6		
	115/110	2,3	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	2,2			
	66	2	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5				
	57,5	1,9	1,3	1,3	1,3	1,4					
	44/34,5/11,4/7,6	1,8	1,2	1,2							
	< 1	1,2	0,6								
	Comunicaciones	0,6									
	Comunicaciones.	<1	13,8/ 13,2/ 11,2/ 7,6	44/ 34,5/ 33	57,5	66	115/ 110	230/ 220	500		
		Tensión nominal (kV) entre fases de la línea inferior									

Fuente: RETIE

**Nota:** La línea de menor nivel de tensión debe estar a menor altura.

## 7 DIVISIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE

La zona de servidumbre de líneas aéreas de transmisión deberá ser dividida en tres zonas, como se ilustra en la figura 6, de acuerdo con el grado de importancia para la operación, mantenimiento y seguridad de las líneas de transmisión, conforme se define a continuación:

### 7.1 Zona de torre ( $Z_1$ )

Localizada en torno a las estructuras de las líneas de transmisión. Necesaria para el movimiento de vehículos y equipos para los trabajos de mantenimiento.

Definida por el área comprendida entre los apoyos de la estructura.

### 7.2 Zona de seguridad

Es la franja de tierra a lo largo del eje de la línea de transmisión y alrededor de los soportes, necesaria para garantizar el buen funcionamiento de línea de transmisión, la seguridad de las instalaciones y de terceros. La zona de seguridad comprende:

#### 7.2.1 Zona de seguridad de línea ( $Z_2$ )

Es el corredor interno de los cables conductores a lo largo de la línea de transmisión, incluye la zona de torre, su ancho es definido por la proyección horizontal de los conductores en posición de máxima deflexión en condición de viento máximo.

El ancho de la zona de seguridad de línea está dado por la siguiente expresión

$$Z_2 = dc + 2(lc + f_{mv}) * \text{sen}(\beta) \quad 7.1$$

### 7.2.2 Zona de seguridad de Torre ( $Z_3$ )

Localizada en torno a la base de las estructuras de las líneas de transmisión. Definida por un cuadrado con centro en el eje de la estructura y cuyo lado corresponde a dos veces la el ancho de la zona de seguridad de la línea. ( $Z_2$ ), así:

$$Z_3 = 2 \cdot Z_2 \quad 7.2$$

### 7.3 Zona de extra ( $Z_4$ )

Franja de terreno de la zona de servidumbre medida a partir de la demarcación exterior de la zona de seguridad de línea, cuyos límites externos serán definidos por las distancias horizontales de seguridad establecidas en la Tabla 1. No incluye las zonas de torre y de seguridad.

En zona rural, el límite exterior de esta zona lo define la franja adyacente de acuerdo con la tabla 2.

El ancho de la zona de extra esta dado por la siguiente expresión:

- Para área urbana:

$$Z_4 = ds \quad 7.3$$

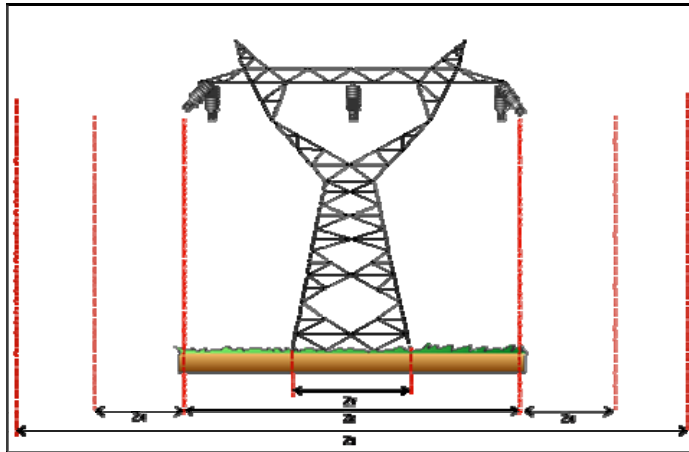
- Para área rural:

$$Z_4 = ds + fa \quad 7.4$$

Para el caso de presentación de alternativas, las zonas de torre, de seguridad y extra que correspondan serán calculadas, con la metodología expuesta precedentemente; no obstante, y en función de las características particulares de las soluciones técnicas que se propongan, se podrá aceptar otras formas de cálculo que deberán ser explicadas y justificadas por las empresas de transmisión de energía.

Estos valores deberán se verificados y aprobados por el ente regulador.

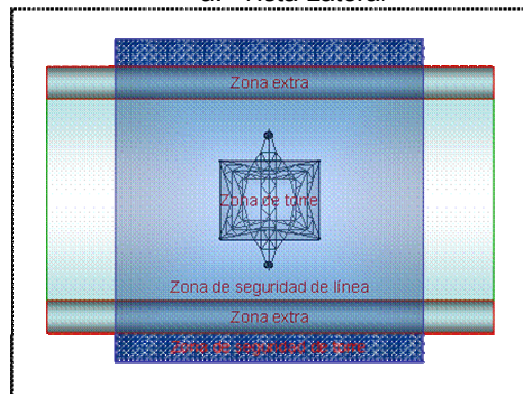
Figura 6. División de la zona de servidumbre



Comentario [IE1]: Cambiar figuras , por Z1,2,3,4 y vista frontal de las zonas.

Fuente: Autor

a. Vista Lateral



b. Vista superior

Fuente: Autor

## 8 CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Los valores de la tabla 9 y 10 se adoptan como límites máximos de exposición a campos electromagnéticos que producen las líneas aéreas de transmisión de baja frecuencia (60 Hz) establecidos como requisito de obligatorio cumplimiento, los cuales se adoptan de los umbrales establecidos por el ICNIRP, para exposición laboral y pública a campos electromagnéticos de frecuencia industrial durante una jornada completa.

Tabla 9. Límites y recomendaciones de exposición del público a campos electromagnéticos.

<b>INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (kV/m)</b>	<b>DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (<math>\mu</math> T)</b>
4,2	83

Fuente: INCIRP

Tabla 10. Límites y recomendaciones de exposición laboral a campos electromagnéticos.

<b>INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (kV/m)</b>	<b>DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (<math>\mu</math> T)</b>
8,3	420

Fuente: INCIRP

Debe entenderse que ningún sitio expuesto al público, debe superar estos valores. Para líneas de transmisión estos valores no deben ser superados fuera de la zona de seguridad de línea de la servidumbre establecida en el numeral 7.2.1, medidos a un (1) metro del nivel del suelo.

## **9 PROHIBICIONES, RECOMENDACIONES Y PERMISOS**

En la zona de servidumbre de acuerdo con la división indicada en el numeral 8 se deben tener en cuenta las siguientes prohibiciones, recomendaciones y permisos necesarios para garantizar el buen funcionamiento de las líneas de transmisión y la seguridad de terceros.

### **9.1 Prohibiciones en zona de torre**

No será permitirá la utilización de la zona de torre para ninguna actividad que no este relacionada con la operación y mantenimiento de la línea de transmisión.

### **9.2 Prohibiciones en zona de seguridad y en zona extra**

No será permitirá la utilización de las zonas de seguridad y extra para realizar las siguientes actividades:

- No se admite la realización de actividades que promuevan la aglomeración de gente como por ejemplo: ferias, parque de exposiciones, etc.
- No deben ser utilizadas estas zonas para estacionamientos públicos y/o privados de vehículos.
- No serán permitidos los depósitos de almacenamiento de materiales para perforación, depósitos de materiales inflamables o explosivos, tales como: pólvora, papeles, reciclaje, plásticos, carbón y combustible.

De igual manera se prohíben los depósitos de basura, desperdicios, chatarra o cualquier otra situación que pueda asociarse a una imagen negativa para la empresa de transmisión de energía.

Las minas u otras actividades sujetas a exploración y/o exposiciones periódicas no se deben ser admitidas ya que pueden poner en riesgos la estabilidad de estructuras.

Bajo ninguna circunstancia se debe permitir la construcción de edificaciones o estructuras en las zonas de seguridad, puesto que se genera un alto riesgo para la edificación y para quienes la ocupan. En los planes de ordenamiento territorial se debe tener en cuenta esta limitación en el uso del suelo.

Las construcciones que se efectúen en la zona de seguridad ya constituida y debidamente legalizada deben ser demolidas por el peligro que representan para quienes la habitan. En estos casos se procederá sin indemnización alguna, a la demolición.

Se prohíbe la instalación de antenas con soportes metálicos o cualquier otra infraestructura que pueda modificarla rigidez dieléctrica del aire o provoque la reducción de la distancia a los conductores, como por ejemplo: vallas de publicidad, hornos, chimeneas, trapiches, etc.

### **9.2.1 Edificaciones**

Se prohíbe cualquier tipo de construcción que permita o promueva la concentración de gente. Dentro de este tipo de construcciones se encuentran las siguientes:

- Escuelas, estaciones de buses o taxis, teléfonos públicos, hospitales, puestos de salud, guarderías, y similares.
- Iglesias, templos, capillas, seminarios y similares.
- Edificios para la industria, comercio, oficinas y similares.
- Edificios para clubes, centros culturales, salones comunales y similares comunitarios.
- Garajes
- Cementerios
- Estaciones de combustible
- Establecimientos comerciales
- Conjuntos residenciales
- Estaderos
- Circos

- Casas de habitación.

### **9.2.2 Áreas de recreación**

Se prohíbe cualquier tipo de construcción destinada a áreas recreativas o que promueva la práctica de actividades deportivas como por ejemplo las que se enuncian a continuación:

- Plaza pública
- Aceras para peatones
- Ciclovías
- Parques de diversiones
- Áreas que permitan la práctica informal de deportes. Por ejemplo: fútbol, béisbol, polo, baloncesto, etc.
- Piscinas
- Lagos de pesca

### **9.3 Recomendaciones en zona de seguridad y en zona extra**

Una empresa distribuidora local puede negar el servicio público domiciliario de energía eléctrica a una construcción que esté invadiendo una zona de seguridad, por considerarse como zona de alto riesgo.

Las autoridades encargadas de la vigilancia, deben denunciar las violaciones a las recomendaciones contenidas en el presente capítulo.

### **9.4 Permisos en zona extra**

Para servidumbres en área rural, en estas dos franjas adyacentes, ubicadas a cada lado de la zona de servidumbre se establecen restricciones al dominio, permitiéndose la construcción de viviendas de una sola planta, sin terraza ni balcones sobresalientes, teniendo en cuenta las autorizaciones establecidas en el capítulo 10.

En la zona extra, desde que se tengan en cuenta las distancias de seguridad establecidas en el capítulo 6, pueden ser permitidas las siguientes actividades:

- Líneas o redes de distribución de energía eléctrica o telefónica, inclusive sus postes.
- Muros, alambrados cercas de alambre, desde que no estén electrificadas y atiendan las orientaciones de la empresa de transmisión de energía para el seccionamiento y/o puesta a tierra.
- Calles, avenidas o vías de acceso.
- Infraestructura subterránea, tales como, líneas de energía eléctrica, ductos de agua, telefonía, gas, alcantarillado teniendo en cuenta las especificaciones establecidas en las normas correspondientes.

## **10 RESPONSABILIDADES.**

La responsabilidad total y exclusiva de cualquier daño causado a la empresa de transmisión de energía, sus contratistas o terceros, como consecuencia de las obras o servicios autorizados, que a criterio de la empresa de transmisión de energía, llegaran a ser necesarios dentro de la autorización, tendrán que ser pagados por el autorizado.

## **11 NUEVOS PROYECTOS**

Cualquier proyecto de implantación, alteración o mejoramiento en lotes, calles o avenidas en terrenos donde existan líneas de transmisión debe ser enviado a la empresa de transmisión de energía respectiva para su análisis y aprobación.

Las vías a lo largo de la zona de servidumbre solo podrán ser instaladas en la zona extra, previa aprobación de la empresa de transmisión de energía.

## **12 SERVICIOS Y USO DE MAQUINARÍA.**

Todo servicio ejecutado en la zona de servidumbre de líneas de transmisión debe ser autorizado por la empresa de transporte de energía.

Los objetos, herramientas y maquinaria, principalmente metálicos, deben ser manipulados con precaución, evitando aproximaciones con los cables conductores.

Las excavaciones y perforaciones efectuadas en la zona de servidumbre deberán ser en lo posible manualmente y tomadas las medidas adecuadas para no causar daño al sistema de puestas a tierra. En caso de utilizar equipo de excavación, se requiere informar el tipo de equipo a utilizar y un programa de ejecución del servicio, para la aprobación del aérea técnica competente de la empresa de transmisión de energía.

### **13 ANÁLISIS TÉCNICO DE INSTALACIÓN DE OBJETOS EN ZONA DE SERVIDUMBRE**

Normalmente, no se permite la instalación de objetos, construcciones o cualquier obstáculo en la zona de servidumbre. Solo podrán ser autorizados los permisos tratados en el numeral 9.4.

La instalación de cualquier objeto en la zona de servidumbre, en común acuerdo con la empresa de transmisión de energía, debe ser precedida de estudios y análisis técnicos verificando su viabilidad y estableciendo condiciones para su instalación.

### **14 DEMARCACIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE**

La zona de servidumbre debe ser marcada en lugares propicios a ser invadidos o en otros lugares a criterio de la empresa de transmisión de energía.

#### **14.1 Señales de aeronavegación**

En los conos de aproximación a aeropuertos, deben instalarse sobre los conductores de las fases o sobre los cables de guarda.

Las balizas de señalización diurna a instalar, deben cumplir con los requisitos presentados continuación:

- Deben ser fabricados en material aislante, resistente a la intemperie y en general que aporte las características mecánicas para que permanezca durante largo tiempo.
- Los diámetros exteriores mínimos son los presentados en la siguiente tabla.

Tabla 11. Diámetro mínimo de las balizas según nivel de tensión

Nivel de tensión	Diámetro mínimo (mm)
Menor o igual a 66 kV	250
Mayor a 66 kV y menor o igual a 500 kV	600

Fuente: RETIE

- Para la fijación de las balizas se debe utilizar mordazas en material galvanicamente compatible con el material del cable donde se instale y ajustable a diferentes calibres.
- El color de las balizas debe ser “Rojo aviación” o “Naranja aeronáutica internacional”.

Si se requiere balizas de señalización nocturnas, pueden ser lámparas estroboscópicas o de encendido por inducción de la línea.

## 15 AUTORIZACIONES

Las empresas de transmisión de energía en concordancia con la ley<sup>9</sup> están autorizadas a:

---

<sup>9</sup> Artículo 57, capítulo III de la Ley 142 De 1994

- Ocupar temporalmente inmuebles, en caso de urgencias, necesidad del servicio o terrenos colindantes con la zona afectada.
- Ocupar temporalmente los terrenos colindantes con el área afectada, que sean indispensables para la ejecución de obras o instalaciones y reparación de estructuras o conductores eléctricos.

Cualquier uso de la zona de servidumbre tendrá que ser precedida de análisis y aprobación de la empresa de transmisión de energía.

Cualquier autorización será concebida por escrito, por un tiempo determinado y a título del propietario e intransferible, pudiendo la empresa de transmisión de energía, en cualquier momento cancelarlo, independientemente de la justificación, sin derecho a indemnización o a demandas futuras de parte del autorizado.

En caso de cancelación de la autorización, el autorizado deberá a criterio de la empresa de transmisión de energía entregar la zona de servidumbre en las mismas y/o similares condiciones a las originales.

El incumplimiento de las exigencias legales y reglamentarias relativas a las autorizaciones acordadas entre el autorizado y la empresa de transmisión de energía, podrá ser causal de cancelación de las autorizaciones.

Ninguno de los casos autorizados, así como las obras relacionadas con ellos, podrá, en cualquier momento y de cualquier forma afectar las instalaciones de la empresa de transmisión de energía o constituir impedimento para las empresas de transmisión de energía en su responsabilidad de transportar energía eléctrica. En caso de que se verifique interferencia o daños por parte del autorizado, inmediatamente, bajo su exclusiva cuenta y riesgo, deberá hacer cesar las irregularidades, contestando por todos los daños causados.

## 16 LIMPIEZA, DESMONTE Y MANTENIMIENTO DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE

Las empresas de transmisión de energía deberán efectuar la limpieza, desmote y mantenimiento de la zona de servidumbre teniendo en cuenta las siguientes condiciones y recomendaciones que se indican a continuación.

### 16.1 Distancia mínima de corte

Para tensiones mayores de 87 kV

$$H = 4,0 + 0.01 \left( \frac{U}{\sqrt{3}} - 50 \right) \quad 16.1$$

Para tensiones menores de 87 KV

$$H = 4,0 \quad 16.2$$

Siendo U el valor en metros numéricamente igual al nivel de tensión de la línea de transmisión.

Se deberá siempre verificar estas distancias de los conductores a la vegetación, preferiblemente con un instrumento de medida tipo Abney o similar, este se podrá estimar observando desde las torres adyacentes para determinar la cercanía de de los árboles que se van a cortar, podar o descopar, los cuales deberán guardar las distancia mínimas entre conductor más cercano y la masa de arbolado, de lo contrario se debe suspender el corte del árbol y tramitar la consignación de la línea.

Estas distancias mínimas recomendadas varían dependiendo de aspectos como , la altura sobre el nivel del mar, las condiciones atmosféricas, humedad relativa, el nivel de aislamiento al impulso tipo rayo y tipo maniobra establecidos para una línea, pero se recomiendan como distancias básicas las cuales deben ser manejadas con precaución.

**Nota:** la medida que se haga con el nivel Abney o con otra herramienta, varía dependiendo del clima y la longitud del vano, las medidas se deben realizar en las condiciones más desfavorables (en horas de mayor temperatura del día).

## **16.2 Recomendaciones en zona de torre**

En áreas destinadas al emplazamiento de torres, deberá realizarse el desmonte de árboles, arbustos y maleza.

La limpieza y mantenimiento de esta zona se realizará teniendo en cuenta las recomendaciones del numeral 16.1.

## **16.3 Recomendaciones en zona de seguridad y extra**

Dentro de la zona de seguridad y zona extra no se recomienda realizar las siguientes actividades:

- Floricultura en invernaderos.
- Desvío de agua que puedan poner en riesgos la estabilidad de estructuras.
- Realizar quemas por el peligro del fuego y los riesgos de destrucción que este acarrea a la línea, a la vegetación y a la fauna.
- Cultivos de caña azúcar, o cualquier otro cultivo sujeto periódicamente a quemas, intencionales o no.
- Plantaciones que obstaculizan la inspección y el mantenimiento de las líneas de transmisión.
- Sembrado de árboles de gran porte o de crecimiento rápido.
- Los objetos, herramientas y maquinaria agrícola, principalmente metálicos, debe ser manipulados con cuidado, evitando aproximaciones con los cables conductores.

#### **16.4 Permisos en zona de seguridad y extra**

En la zona de seguridad, desde que no perjudique los accesos a las estructuras y que la vegetación adulta no exceda la altura técnica permitida en el capítulo de esta norma, pueden ser permitidos:

- Vegetación y actividades agrícolas, por ejemplo: jardines, céspedes, huertas, cultivos de porte medio y/o pequeño, áreas verdes, desde no haya instalaciones que permitan o necesiten la aglomeración de personas.
- Actividades pecuarias, tales como: pastos, y áreas destinadas a la crianza de animales, desde que no necesiten de ninguna construcción, más allá de la existencia de cercas.

#### **16.5 Mantenimientos**

Para la realización de las actividades de mantenimiento, se debe obtener las autorizaciones de los propietarios de los predios en donde se van ejecutar trabajos, para concertar con ellos, la manera más adecuada para no afectar sus cultivos ni sus bienes.

En caso de talas (no para podas), un especialista de las empresas de transmisión de energía, deberá obtener el permiso de aprovechamiento forestal de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) respectivas, entregando inventario de especies, datos de DAP (diámetro a la altura de pecho), permiso del propietario y certificado de tradición del predio en el cual se hará el trabajo.

La remoción de la cobertura natural o cualquier otra perturbación innecesaria no será permitida en el mantenimiento.

El mantenimiento de la zona de servidumbre será adoptado a criterio de las empresas de transmisión de energía, teniendo en cuenta las características topográficas, el tipo de vegetación, del clima y de la altura sobre el nivel de mar de cada sitio en particular. Teniendo en cuenta la siguiente clasificación de los sitios de despeje:

- Sitios de Torre
- Sitios del vano con riesgo de acercamiento
- Sitios del vano sin peligro de acercamiento

### 16.5.1 Sitios de Torre (Caso 1).

Se debe despejar en lo posible la vegetación en el ancho de la franja y adicionalmente cualquier otro tipo de individuo que tenga proyección de caída sobre la torre.

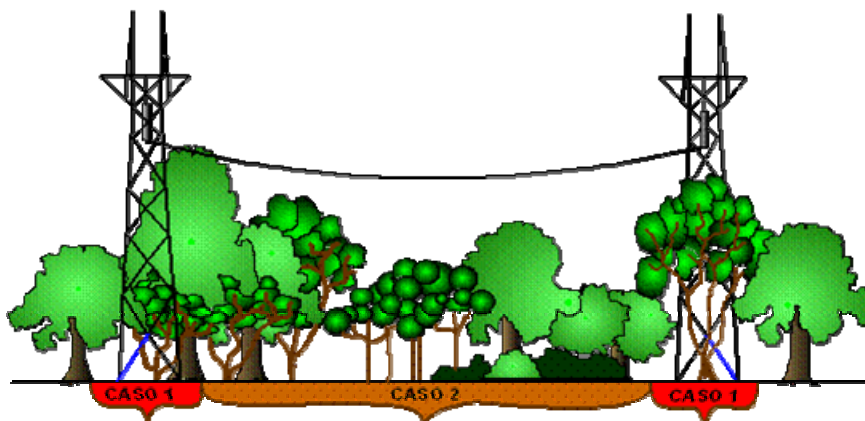
En estos sitios se debe evitar el corte a raíz de la vegetación. Esta vegetación se debe mantener podada a baja altura o modificar la vegetación original por otras especies que contribuyan a reducir los riesgos de erosión y que no representen riesgo para la torre. Lo anterior con el fin de no afectar el suelo y la estabilidad de la zona de torre (ver figura 7).

### 16.5.2 Sitios del vano con riesgo de acercamiento (caso 2).

El mantenimiento consiste en el despeje total de la vegetación que exceda la distancia mínima establecida en el numeral 16.1 dentro de la zona de servidumbre.

El despeje debe depender del tipo de vegetación, de la pendiente y del perfil del terreno (ver figuras 7 y 8). En lo posible debe ser selectiva teniendo en cuenta la dinámica del crecimiento de la vegetación.

Figura 7. Zonas de despeje caso 1 y caso 2.



Fuente: Guía de mantenimiento. Interconexión Eléctrica S.A.

### 16.5.3 Sitios del vano sin peligro de acercamiento. (Caso 3)

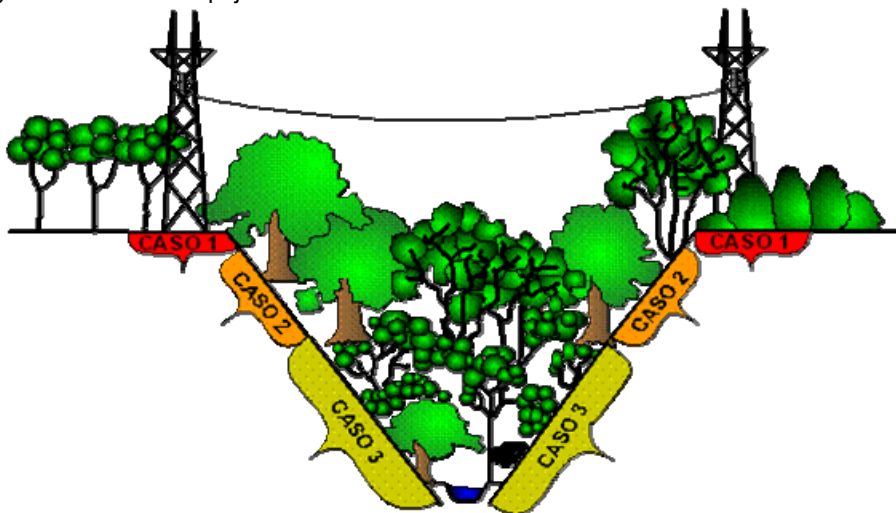
Estos sitios no requieren de un mantenimiento permanente, puesto que son generalmente cañadas profundas en las cuales el conductor queda muy por encima de la máxima altura que pueda alcanzar un árbol, solo requiere de cortes de vegetación durante el momento de tendido, y en la eventualidad de una caída del conductor, Ver figura 8).

### 16.6 Desperdicios, residuos y sustancia contaminantes

Los residuos producto de los cortes o podas durante el mantenimiento deberán ser repicados y se trozará el tronco según su utilidad y considerando la aprobación del propietario o representante del predio.

Se debe evitar dejar montones que al secarse puedan ser de fácil combustión, o puedan ser arrastrados por el agua y represar los recorridos de quebradas o riachuelos.

Figura 8. Zona de despeje caso 3



Fuente: Guía de mantenimiento. Interconexión Eléctrica S.A.,

Se deberá arbitrar los medios para que ningún combustible, aceite, sustancias químicas u otro producto contaminante, sea derramado en los cursos de agua, contamine los suelos y las aguas subterráneas.

La zona de servidumbre debe quedar sin ramas o troncos que puedan obstaculizar los accesos o los caminos de la zona, se debe en lo posible causar el menor impacto ambiental, en caso que sea necesario se debe consultar con el propietario todo lo que pueda afectar su integridad o sus bienes.

### **16.7 Vegetación vedada o en peligro de extinción**

Siempre que sea posible, deberá ser evitado el corte de vegetación vedada o en peligro de extinción. Recomendándose solamente para crear accesos para la localización y montaje de apoyos.

En casos donde sea necesario el corte de vegetación, deberá ser autorizado por la autoridad competente.

### **16.8 Zonas cultivables**

Los cultivos pueden permanecer en la zona de servidumbre desde que la distancia entre la cima del cultivo y el conductor en condiciones de flecha máxima sea como mínimo, igual a la distancia mínima establecida en el numeral 16.1.

### **16.9 . Árboles fuera de la zona de servidumbre**

En caso de árboles fuera de la zona de seguridad, que constituyan un peligro para la conservación de la línea, es decir, los que por su inclinación (ver figura 9), caída fortuita o provocada puedan alcanzar los conductores, estructura o instalaciones deberán ser cortados o podados.

### 16.10 Focos de erosión

Deben ser evitados, siempre que sea posible, la deforestación o corte de vegetación en terrenos que presenten procesos erosivos. Solo en casos estrictamente necesarios la tierra deberá ser recompuesta con la plantación de vegetación rastrera o de pequeño porte.

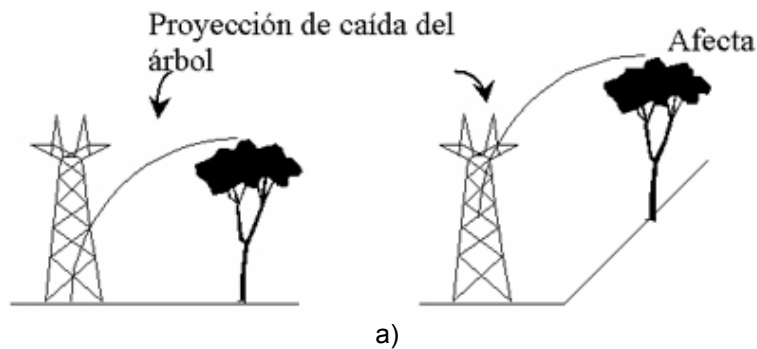
### 16.11 Drenajes naturales, fuentes y nacimientos de agua

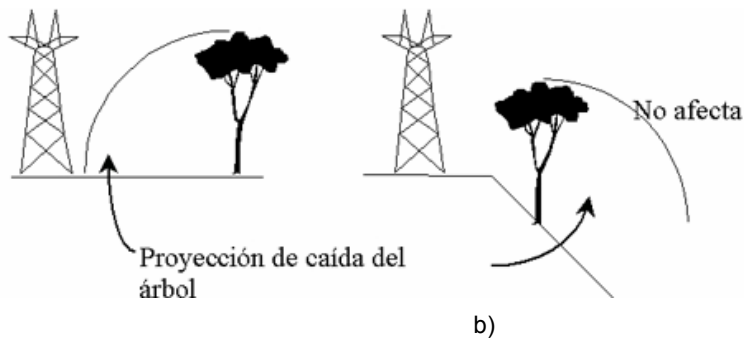
Las fuentes y nacimientos de agua deben ser preservados evitando los cortes de vegetación considerada de protección para las fuentes y nacimientos de agua.

En casos donde sea necesario el corte de vegetación, deber ser autorizado por la autoridad competente.

Se deberán mantener los cursos de aguas, drenajes naturales y desagües, permanentemente libres de materiales, residuos u otro tipo de obstrucción.

Figura 9. Árboles fuera de la zona de servidumbre. a) Árboles que en su proyección de caída afectan los conductores. b) Árboles que en su proyección de caída no afectan los conductores.





Fuente: Guía de Mantenimiento, Interconexión Eléctrica S.A.

### 16.12 Utilización y adecuación de accesos

La construcción de vías de acceso deben ser ejecutadas de forma racional, procurando minimizar el impacto sobre el medio ambiente.

El ejecutor del mantenimiento debe obtener los permisos para la utilización de las vías o camino mulares, veredales comunitarios o privados.

Durante la operación de la línea de transmisión, los accesos deben ser recuperados periódicamente para facilitar los accesos para los equipos de mantenimiento durante la operación o de emergencia en caso de Actos Mal Intencionados (AMI).

### 16.13 Apertura de alambrado y cercos

Deberán reducirse la mínimo las aperturas de alambrado y cercos, los que resulten dañados deberán ser reparados y dejado en perfectas condiciones inmediatamente, después de producido el daño.

#### **16.14 Recomendaciones de seguridad**

Se debe evaluar el riesgo que presenta cada uno de los árboles o ramas que se van a cortar o podar y en todo caso se deben tomar las medidas de distancia al conductor del punto más crítico en cada vano. En caso de que exista riesgo de acercamiento eléctrico, se debe solicitar la desenergización de la línea para la ejecución de los trabajos.

En caso de corte de árboles se debe asegurar si es necesario con manilas, si presentan algún riesgo de caer sobre la línea y hasta tener los caminos de evacuación; verificando la distancia mínima de corte, como se especifica en el numeral 16.1.

No se deben realizar trabajos de mantenimiento cuando esté lloviendo, exista amenaza de lluvia o tormenta eléctrica.

### **17 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA INDEMNIZACIÓN DE TERRENOS POR SERVIDUMBRE**

El propietario del predio afectado por la servidumbre tendrá derecho a una indemnización que se determinará teniendo en cuenta:

- a) El valor de la tierra en condiciones óptimas en la zona donde se encuentre el inmueble gravado.
- b) La aplicación de un coeficiente de restricción que atienda al grado de las limitaciones impuestas por la zona de servidumbre teniendo en cuenta su uso y ocupación, el que deberá ser establecido obteniendo la escala de valores que fije la autoridad competente.

Esta escala de valores permite a las partes (titular de la servidumbre y propietario del predio) el cálculo del coeficiente de restricción, el cual representa un elemento de juicio para determinar la minusvalía o depreciación que la presencia de la línea de transmisión de energía ocasiona en un determinado inmueble, predio o parcela. Asimismo permite cuantificar el grado de limitaciones impuestas por la zona de servidumbre, en concordancia con las zonas establecidas en el numeral 8.

*Nota: Si al constituirse una servidumbre quedaran terrenos inutilizados para su natural aprovechamiento, la indemnización debe extenderse a esos terrenos.*

### **17.1 FIJACIÓN DE LA COMPENSACIÓN.**

El valor del predio cuya adquisición se disponga y el monto de las compensaciones e indemnizaciones por la constitución de la servidumbre, que deban ser abonados por el titular de la adjudicación, serán fijados teniendo en cuenta:

- El valor de la tierra en condiciones óptimas en la zona donde se encuentre el inmueble gravado.
- La aplicación de un coeficiente de restricción que atienda al grado de las limitaciones impuestas por la servidumbre, el que deberá ser establecido teniendo en cuenta la escala de valores que fije la autoridad competente.
- La división de la zona de servidumbre establecida en numeral 8.

Las tablas 1 y 2 establecen la escala de valores a aplicar para calcular el coeficiente de restricción a fin de determinar la indemnización por la zona de servidumbre.

### **17.2 Coeficiente de restricciones**

El coeficiente de restricción está íntimamente relacionado con las restricciones y limitaciones al dominio dentro de la zona de servidumbre.

#### **17.2.1 Zona de torre**

Para esta zona el coeficiente de restricción ( $CR_t$ ) para el área ocupada por la torre correspondiente para el cálculo de indemnizaciones debe ser del 100%.

### 17.2.2 Zona de Seguridad

La zona de seguridad esta constituida por la zona de seguridad de torre y de línea, para establecer el coeficiente de restricción se deberá tener en cuenta la siguiente escala de valores para el cálculo de la indemnización:

- $T_1$  : tabla de valores según el tipo de explotación o destino del suelo, ver tabla 1.
- $T_2$  : escala gráfica según la forma del trazado de la línea de transmisión (Se aplica sobre el valor de la zona afectada), ver tabla 2.
- Incidencia del remanente: se calcula en función del valor obtenido de la tabla de uso y aptitud y aplicando a este valor un incremento del 20%.

El coeficiente de restricción se calculará de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CR_s = T_1 * (1 + 0.20 + T_2) \quad 17.1$$

### 17.2.3 Zona de Extra

El coeficiente de restricción para esta zona se asigna un peso del 50% respecto a la afectación de la zona de seguridad ( $CR_s$ ).

$$CR_e = 0.5 * CR_s \quad 17.2$$

Tabla 12. Porcentajes de restricción según el tipo de explotación o destino del suelo

<b>Uso o aptitud</b>	<b>Coefficiente de Restricción</b>
	<b>T<sub>1</sub></b>
1. Ganadería extensiva. Campo de uso exclusivamente ganadero con aprovechamiento de pastizales naturales.	15% al 25%
2. Ganadería semi-extensiva. Con aprovechamiento de pasturas cultivadas	25% al 35%
3. Agricultura extensiva	25% al 35%
4. Horticultura, frutales de bajo porte,	40% al 50%
5. Cultivos Industriales	45% al 55%
6. Zonas Industriales	55% al 65%
7. Forestación, frutales de alto porte	65% al 75%
8. Terreno sin lotear en áreas suburbanas	55% al 65%
9. Parcelas urbanas	70% al 80%
10. Quintas y clubes de campo, en zonas urbanas y suburbanas, (no para zonas rurales), que no excedan la superficie de 10 Has.	65% al 75%

Fuente Autor

Tabla 13. Porcentajes de restricción según la forma del trazado

Frente del predio

2.5%	3.5%	4.5%	5%
4%	3%	2%	3%
4%	3%	2%	2%
3%	4%	3%	2%

*Nota 1: Estos porcentajes se han de aplicar sobre el valor obtenido de la tabla 12.*

*Nota 2: Para casos intermedios se procederá por interpolación.*

Fuente: Autor

## ANEXO B

### ZONAS DE SERVIDUMBRE

En este anexo se calcula la delimitación de la zona de servidumbre establecida en la propuesta de norma para cuatro líneas de transmisión de ISA. Cada una de estas líneas tiene diferentes tipos torres utilizadas para la configuración de sus circuitos a 230 kV y 500 kV.

El objetivo de este anexo es presentar las distancias requeridas para la zona de servidumbre teniendo en cuenta la el balanceo de los conductores debido a la carga de viento y a efectos eléctricos.

**Configuración No 1:** Doble circuito Vertical, ver figura B.1

**Estructura tipo:** piramidal

**Línea:** Chivor II-Torca

**Tensión de la línea:** 230 kV.

Calculo de ancho mínimo de la zona de servidumbre<sup>10</sup>:

$$S = 11,3 + 2 * 2,866 + 2 * 4,95 = 26.932 \text{ m} \quad \text{b.1}$$

Por lo tanto la zona de servidumbre en zona urbana será de 26,392 metros.

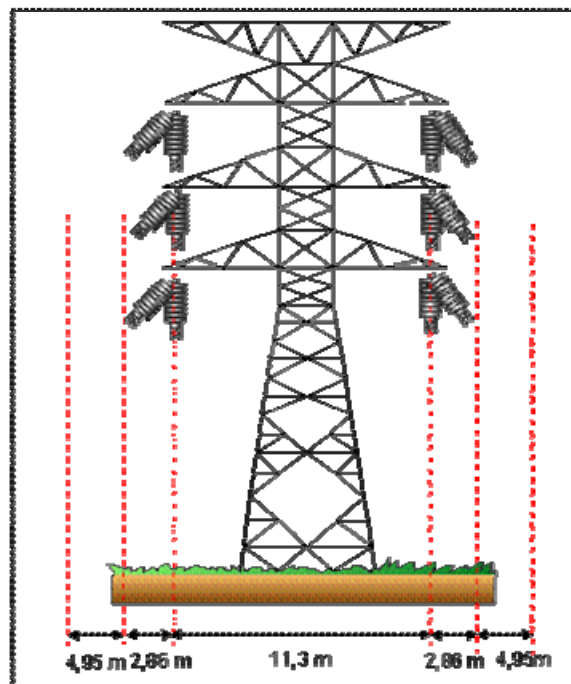
$$S = 11,3 + 2 * 2,866 + 2 * 3,75 + 6 = 30,532 \text{ m} \quad \text{b.2}$$

---

<sup>10</sup> Se considera la expresión  $(l_c + f_{mv}) * \text{sen}(\beta)$  igual a  $l_c$ , es decir, la condición extrema de la desviación del conductor respecto a la vertical.

Para zona rural, tenemos dos franjas adyacentes de seis (3) metros a cada lado; entonces tendremos una zona de servidumbre total de 30.532 metros.

Figura B.1. Zona de servidumbre de una línea doble circuito vertical 230 kV de ISA.



Fuente: Autor.

**Configuración Nro 2:** Circuito sencillo horizontal, ver figura B.2

**Estructura tipo:** Delta

**Línea:** Cerromatoso -Uraba

**Tensión de la línea:** 230 kV.

Calculo de ancho mínimo de la zona de servidumbre:

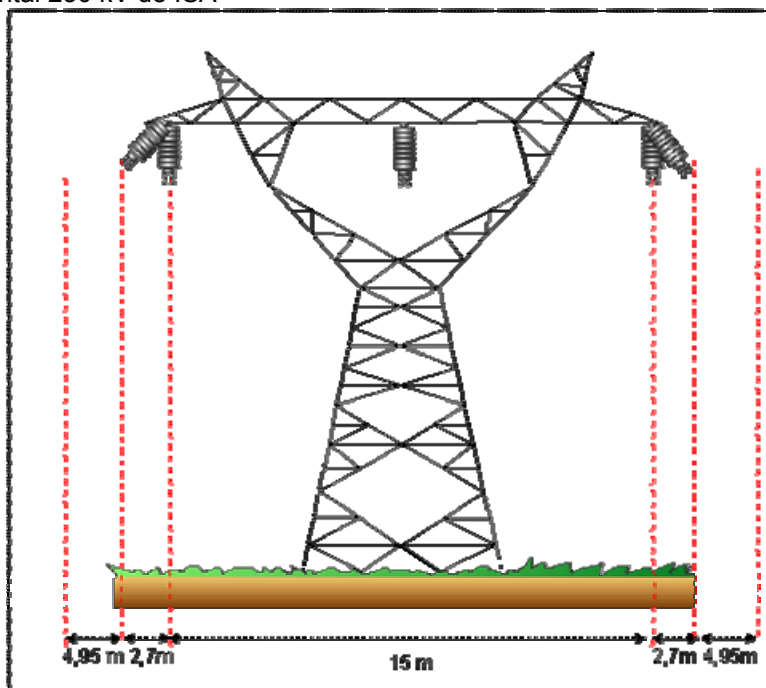
$$S = 15 + 2 * 2,7 + 2 * 4,95 = 30,3 m \quad b.3$$

Por lo tanto la zona de servidumbre en zona urbana será de 30,3 metros.

$$S = 15 + 2 * 2,7 + 2 * 3,75 + 6 = 33,9 m \quad \text{b.4}$$

Para zona rural, tenemos dos franjas adyacentes de seis (3) metros a cada lado; entonces tendremos una zona de servidumbre total de 33,9 metros.

Figura B.2. Zona de servidumbre en área urbana de una línea circuito sencillo horizontal 230 kV de ISA



Fuente: Autor.

**Configuración Nro 3:** Circuito sencillo delta vertical, ver figura B.3

**Estructura tipo:** piramidal

**Línea:** San Carlos –Barranca

**Tensión de la línea:** 230 kV.

Calculo de ancho mínimo de la zona de servidumbre:

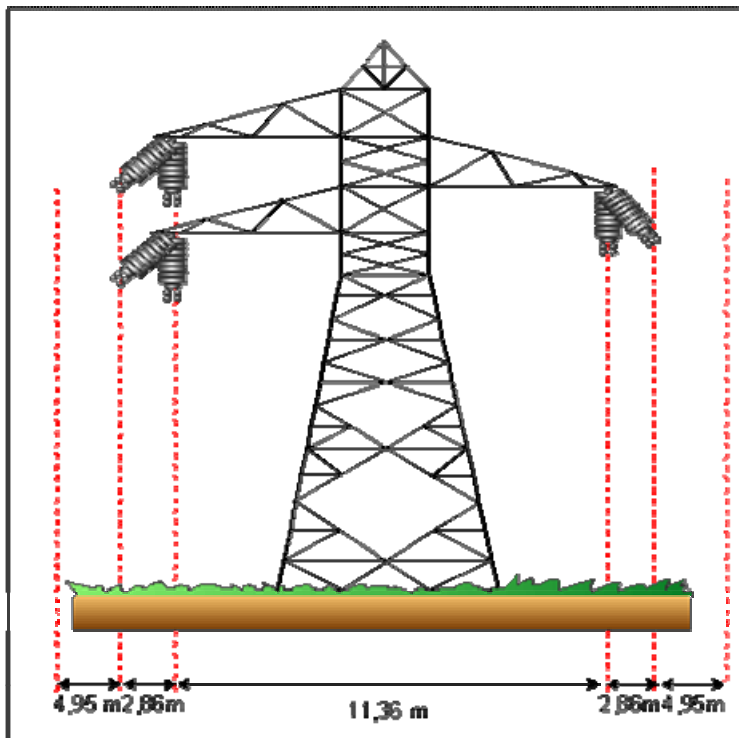
$$S = 11,36 + 2 * 2,866 + 2 * 4,95 = 26,992 m \quad \text{b.5}$$

Por lo tanto la zona de servidumbre en zona urbana será de 26,9 metros.

$$S = 11,36 + 2 * 2,866 + 2 * 3,75 + 6 = 30,592m \quad \text{b.6}$$

Para zona rural, tenemos dos franjas adyacentes de seis (3) metros a cada lado; entonces tendremos una zona de servidumbre total de 30,6 metros.

Figura B.3. Zona de servidumbre en área urbana de una línea circuito sencillo delta invertida 230 kV de ISA.



Fuente: Autor

**Configuración Nro 4:** Circuito sencillo horizontal, ver figura B.4

**Estructura tipo:** Delta

**Línea:** San Carlos -Sabanalarga

**Tensión de la línea:** 500 kV.

Calculo de ancho mínimo de la zona de servidumbre:

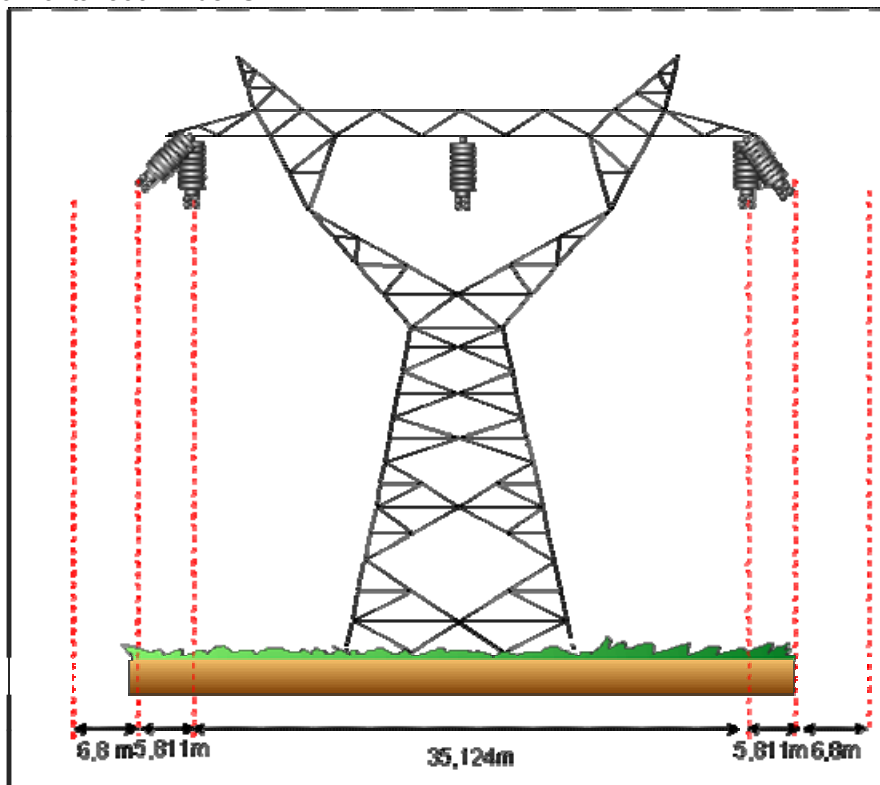
$$S = 35,124 + 2 * 5,811 + 2 * 6,80 = 60,346 \text{ m} \quad \text{b.7}$$

Por lo tanto la zona de servidumbre en zona urbana será de 60,3 metros.

$$S = 35,124 + 2 * 5,811 + 2 * 5,60 + 8 = 65,946 \text{ m} \quad \text{b.8}$$

Para zona rural, tenemos dos franjas adyacentes de seis (4) metros a cada lado; entonces tendremos una zona de servidumbre total de 65,9 metros.

Figura B.4. Zona de servidumbre en área urbana de una línea circuito sencillo horizontal 500 kV de ISA.



Fuente: Autor.

Los resultados de los anteriores cálculos exponen la influencia de la configuración de la línea en la determinación de los anchos de la zona de servidumbre. Para líneas con nivel de tensión de 230 kV la configuración horizontal es la que requiere mayor zona para la instalación de una línea de transmisión debido a que estas líneas utilizan un tipo de torre que requiere mayor espacio horizontal que la configuración doble circuito vertical y delta invertida. Las líneas con niveles de tensión de 500 kV construidas hasta el momento en Colombia utilizan la configuración horizontal la cual requiere de mayores franjas de terreno.

Como se puede observar existen dos dimensiones para la zona de servidumbre, una para áreas rurales y otra para áreas urbanas. La zona de servidumbre en áreas rurales es mayor ya que posee dos franjas adyacentes que hacen la zona extra mas ancha que en áreas urbanas. Esta diferencia se debe tener en cuenta en aspectos económicos, ya que la indemnización por afectar predios urbanos es más elevada que en predios rurales.

Las zonas determinadas en este anexo, pueden compararse con las distancias normalizadas en el RETIE, encontramos zonas de servidumbre menores sobre todo en áreas urbanas, de igual forma, otros cálculos muestran zonas mayores a las actualmente establecidas. La divergencia se evidencia en la segmentación de dicha zonas para su uso y ocupación (ver anexo A).

## ANEXO C

### SIMULACIÓN DE CAMPOS ELÉCTRICOS EN ZONA DE SERVIDUMBRE

En este anexo se presentan los resultados de la simulación de cuatro configuraciones de líneas (ver anexo B) de ISA. Estas simulaciones se realizaron para determinar los niveles de campos eléctricos en las zonas de servidumbre. Asimismo, se verificó que los niveles adoptados del ICNIRP en la propuesta de norma de cumplan en los límites establecidos dentro de la zona de servidumbre.

Para realizar estas simulaciones se utilizó un programa en Matlab<sup>11</sup> arroja la gráfica del campo eléctrico medido a un metro del suelo, además presenta el valor de campo máximo producido por cada configuración simulada.

#### D.1 SIMULACIÓN Nro. 1

Tensión de la línea (kV):	500
Número de circuitos:	1
Número de cables de guarda:	2
Número de conductores en haz:	4
Separación entre subconductores (cm):	40

Radio del conductor (cm):1.642  
Conductor FINCH

---

<sup>11</sup> DIAZ, Julián. Campo Eléctrico determinación en líneas de alta tensión y estudio de su influencia en los seres humanos. Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

### D.1.1 CONFIGURACIÓN DE LA LÍNEA

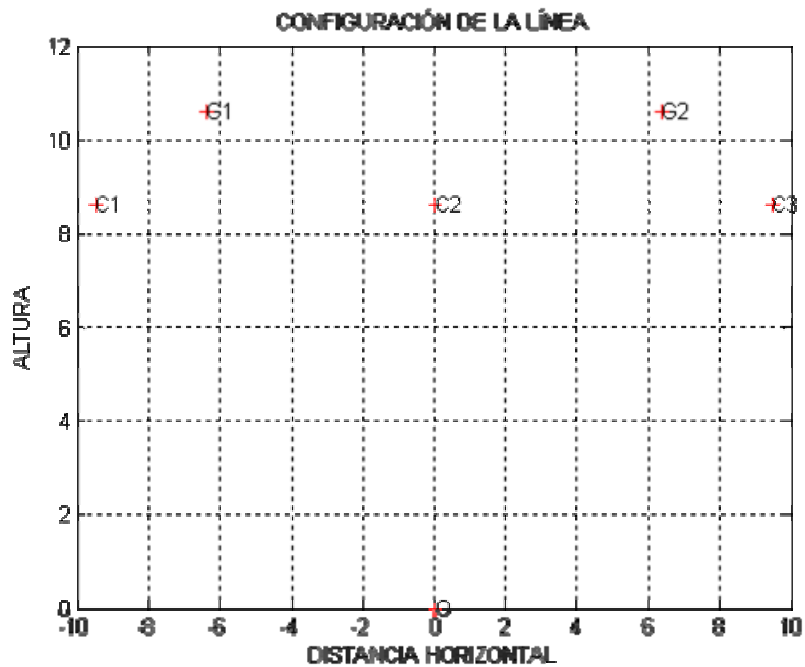
Coordenadas

- Conductor C1
- Abcisa (m) : -9.46
- Ordenada (m) : 8.6

Coordenadas

- Conductor C2
- Abcisa (m) : 0
- Ordenada (m) : 8.6

Figura C.1 Configuración de la línea horizontal 500 kV.



Fuente: Autor

Coordenadas

- Conductor C3
- Abcisa (m) : 9.46
- Ordenada (m) : 8.6

Radio del cable de guarda, (cm): 0.476

Acero 3/8

Coordenadas

- Guarda G1
- Abcisa (m) :-6.4
- Ordenada (m) :10.6

Coordenadas

- Guarda G2
- Abcisa (m) :6.4
- Ordenada (m) :10.6

Altura sobre la cual se desea calcular el campo eléctrico (E) (m): 1

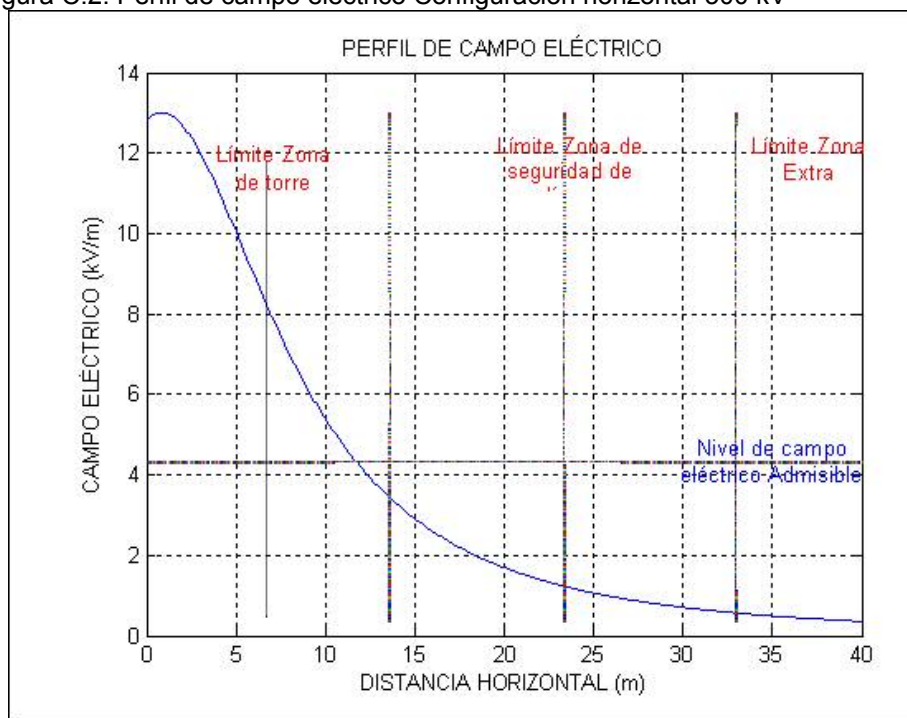
### D.1.2 RESULTADOS

Valor máximo de campo eléctrico (E<sub>max</sub>)

Distancia en metros con respecto al eje central de línea (X)

E<sub>max</sub>=13.004 (kV/m) X=0.8 (m)

Figura C.2. Perfil de campo eléctrico Configuración horizontal 500 kV



Fuente: Autor.

### **D.1.3 SIMULACIÓN Nro 1.2**

Tensión de la línea (kV):	500
Número de circuitos:	1
Número de cables de guarda:	0
Número de conductores en haz:	4
Separación entre subconductores (cm):	60

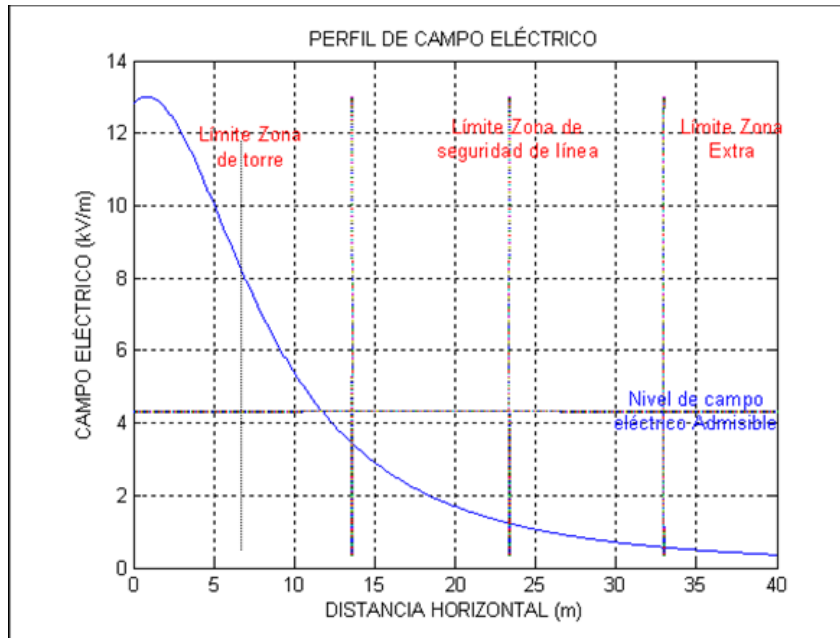
Radio del conductor (cm):1.6921  
Conductor FINCH

### **D.1.4 RESULTADOS**

Valor máximo de campo eléctrico ( $E_{max}$ )  
Distancia en metros con respecto al eje central de línea (X)

$E_{max}=3.867$  (kV/m)  $X=4.500$  (m)

Figura C.2. Perfil de campo eléctrico Configuración horizontal 500 kV



Fuente: Autor

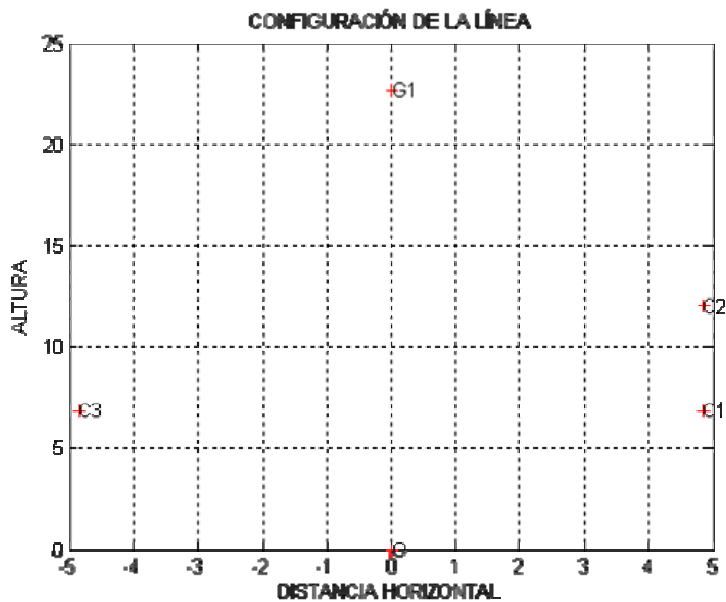
## D.2. SIMULACIÓN Nro 2

Tensión de la línea (kV): 230  
 Número de circuitos: 1  
 Número de cables de guarda: 1  
 Número de conductores en haz: 1

Radio del conductor (cm): 1.40715  
 Conductor DRAKE

### D.2.1 CONFIGURACIÓN DE LA LÍNEA

Figura C.3. Configuración de la línea delta invertida.



Fuente: Autor

Coordenadas

Conductor C1.

- Abcisa (m) : -4.85
- Ordenada (m) : 6.8

Coordenadas

Conductor C2

- Abcisa (m) : 4.85
- Ordenada (m) : 6.8

Coordenadas

Conductor C3

- Abcisa (m) : 4.85
- Ordenada (m) : 12

Radio del cable de guarda, (cm): 0.476

Acero 3/8

Coordenadas

Guarda G1

- Abcisa (m) : 0

- o Ordenada (m) :23

A que altura desea calcular el campo eléctrico (E) (m):1

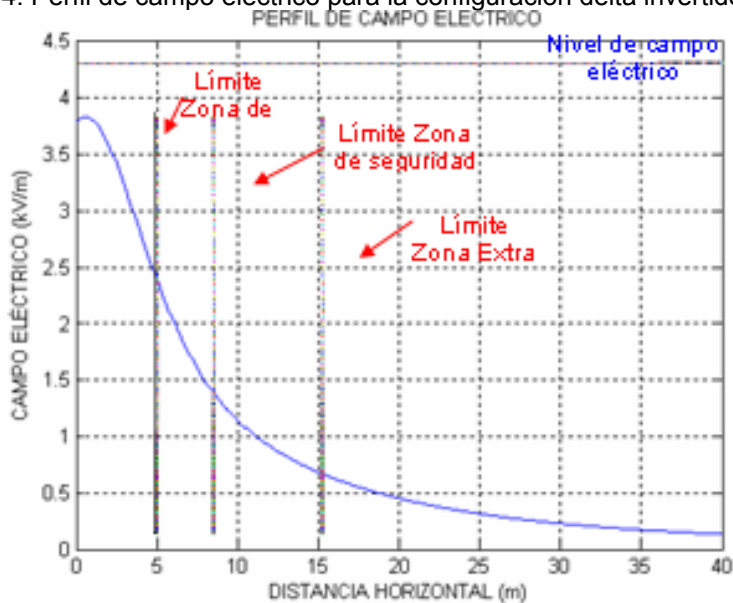
### C.2.2 RESULTADOS

Valor máximo de campo eléctrico (E<sub>max</sub>)

Distancia en metros con respecto al eje central de línea (X)

E<sub>max</sub>=3.826 (kV/m) X=0.600 (m)

Figura C.4. Perfil de campo eléctrico para la configuración delta invertido



Fuente: Autor

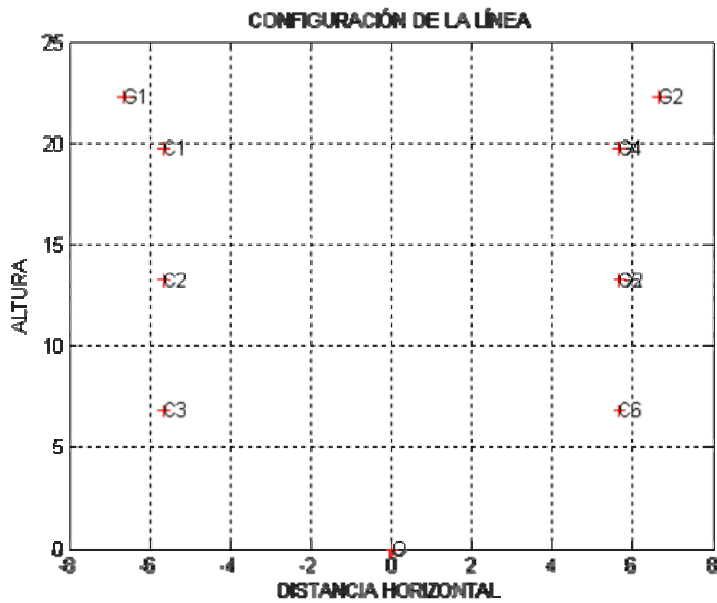
### C.3. SIMULACIÓN Nro 3

Tensión de la línea (kV):	230
Número de circuitos:	2
Número de cables de guarda:	1
Número de conductores en haz:	1

Radio del conductor (cm):1.40715  
Conductor DRAKE

### C.3.1 CONFIGURACIÓN DE LA LÍNEA

Figura C.5. Configuración de la línea doble circuito



Fuente: Autor.

#### Circuito 1

Coordenadas

- Conductor C1
- Abcisa (m) : -5.65
- Ordenada (m) : 19.8

Coordenadas

- Conductor C2
- Abcisa (m): -5.65
- Ordenada (m) : 13.3

Coordenadas

- Conductor C3
- Abcisa (m) :-5.65
- Ordenada (m) :6.8

**Circuito 2**

Coordenadas

- Conductor C4
- Abcisa (m) :5.65
- Ordenada (m) :19.8

Coordenadas

- Conductor C5
- Abcisa (m) :5.65
- Ordenada (m) :13.3

Coordenadas

- Conductor C6
- Abcisa (m) :5.65
- Ordenada (m) :6.8

**Guardas**

Radio del cable de guarda, (cm): 0.476  
Acero 3/8

Coordenadas

- Guarda G1
- Abcisa (m) :-6.65
- Ordenada (m) :22.3

Coordenadas

- Guarda G2
- Abcisa (m) :6.65
- Ordenada (m) :22.3

A que altura desea calcular el campo eléctrico (E) (m): 1

### C. 3.2. RESULTADOS

Valor máximo de campo eléctrico ( $E_{max}$ )

Distancia en metros con respecto al eje central de línea (X)

$E_{max}=3.929$  (kV/m)  $X=0.000$  (m)

Figura C.6. Perfil de campo eléctrico para la configuración nro 3.



Fuente: Autor

### C.4. SIMULACIÓN Nro 4

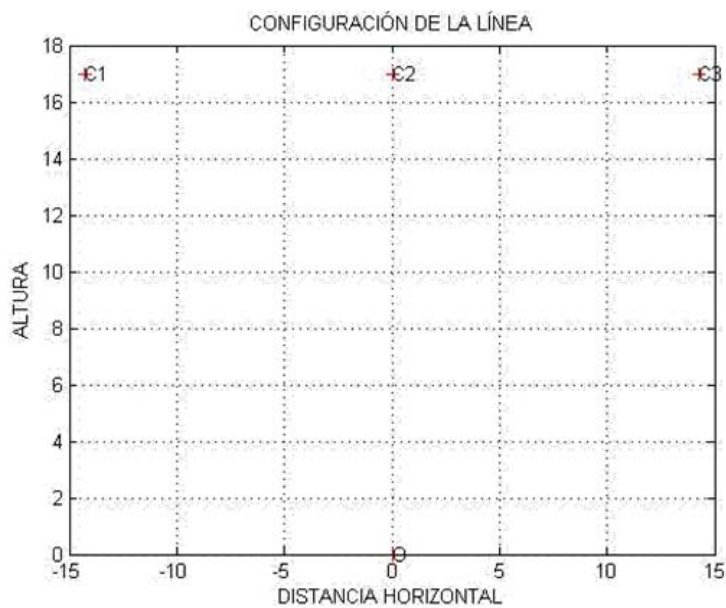
Tensión de la línea (kV):	230
Número de circuitos:	1
Número de cables de guarda:	2
Número de conductores en haz:	1

Radio del conductor (cm):1.40715

Conductor DRAKE

### C.4.1 CONFIGURACIÓN DE LA LÍNEA

Figura C.7. Configuración de la línea tipo horizontal.



Fuente: Autor

Coordenadas

- Conductor C1
- Abcisa (m): -7.5
- Ordenada (m): 6.8

Coordenadas

- Conductor C2
- Abcisa (m): 0
- Ordenada (m): 6.8

Coordenadas

- Conductor C3
- Abcisa (m): 7.5

- Ordenada (m): 6.8

Radio del cable de guarda, (cm): 0.476  
Acero 3/8

Coordenadas

Guarda G1

- Abcisa (m) : -5.183
- Ordenada (m) : 10.3

Guarda G1

- Abcisa (m) : 10.3
- Ordenada (m) : 5.183

A que altura desea calcular el campo E (m): 1

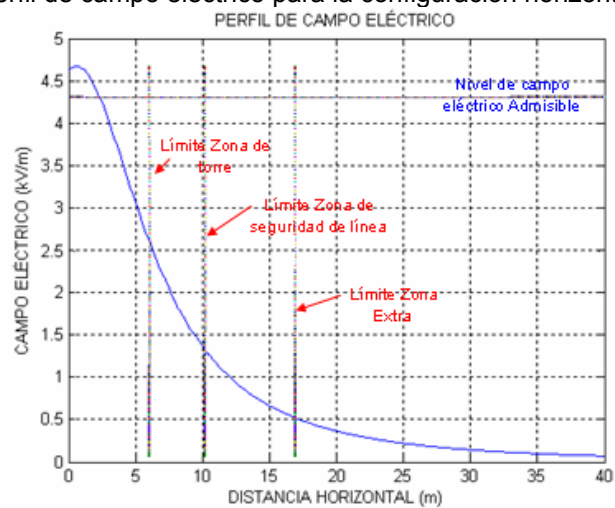
#### C.4.2 RESULTADOS

Valor máximo de campo eléctrico (E<sub>max</sub>)

Distancia en metros con respecto al eje central de línea (X)

E<sub>max</sub> = 4.672 (kV/m) X = 0.600 (m)

Figura C.7. Perfil de campo eléctrico para la configuración horizontal



Fuente: Autor

Estas simulaciones se efectuaron para condiciones más desfavorables de la línea. Se consideró la menor altura posible de los conductores tomando las distancias mínimas establecidas en el RETIE<sup>12</sup> para líneas de transmisión con niveles de tensión de 230 y 500 kV.

En cada una de las gráficas del perfil del campo eléctrico, se indicaron los límites de las zonas de torre, de las zonas de seguridad (de línea y de torre) y la zona extra (distancias calculadas en el anexo B). Como puede observarse en estas gráficas, el nivel de campo eléctrico no sobrepasa los límites establecido en el capítulo 8 de la propuesta de norma para las zonas de servidumbre.

Los niveles de campo eléctrico determinados para la esta zona extra debe ser valores pequeños ya que en esta zona, según la propuesta de norma, podrán ser utilizadas para construir casas, líneas de distribución entre otras. Sin embargo es necesaria la limitación en las casas de realizar reformas horizontales porque esto reduce la distancia de seguridad y los niveles de campo eléctrico son mayores a medida que se aproxima a los conductores.

Los campos eléctricos en la zona de seguridad de línea aumentan en la medida que se aproxima al eje de la línea. Las simulaciones identifican campos superiores a los límites admisibles a distancias inferiores a un metro del eje de la línea de transmisión lo que implica que esta zona de seguridad de línea sea solo para actividades de mantenimiento de la línea y no se permita ningún tipo de actividad que requiera la permanencia durante una jornada completa de personas en especial en la líneas de transmisión de 500 kV.

---

<sup>12</sup> Requisitos Técnicos Esenciales, capítulo II, artículo 13. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

## **ANEXO D**

### **ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE**

El objetivo del presente anexo es analizar las implicaciones económicas de la segmentación de la zona de servidumbre y la metodología para el cálculo de la indemnización terrenos propuesta en la norma. Se analizarán dos escenarios económicos para el pago de indemnización por la zona de servidumbres de la antigua línea Primavera-Termopón propiedad de ISA, suponiendo que la adquisición de predios y la indemnización se hacen con valores presentes.

Un escenario económico se determina según la delimitación establecida en el RETIE y el otro escenario empleando la delimitación planteada en la propuesta.

#### **D.1 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA.**

Es una línea de transmisión a 230 kV con una longitud total de 64.583 km en los que utiliza 164 torres tipo piramidal doble circuito.

La línea esta localizada en el departamento de Santander, en jurisdicción del municipio de Cimitarra. La topografía del trazado se caracteriza por zonas planas y montañosas con cruce por varias quebradas.

Desde el punto de vista predial la línea cruza predios que se caracterizan por el uso para pastos nativos y mejorados, rastrojos altos y mejorados.

## D.2 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE SEGÚN RETIE

Delimitación de la zona de servidumbre normalizada dependiendo del nivel de tensión y tipo de circuito según RETIE (ver tabla 1).

Tabla D.1. Zona de servidumbre según RETIE

TIPO DE ESTRUCTURA	TENSIÓN (kV)	ANCHO MÍNIMO $Z_s$ (m)
Torres doble circuito	220/230	32

Fuente: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

## D.3 ÁREA DE AFECTACIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE

Para el paso de esta línea de transmisión se requiere una franja de terreno con limitaciones en el dominio de posesión llamada por las normas jurídicas servidumbre.

A continuación se determina el área total afectada por el emplazamiento de la línea:

- Área afectada para ubicación del sitio de torre (ver figura D.1):

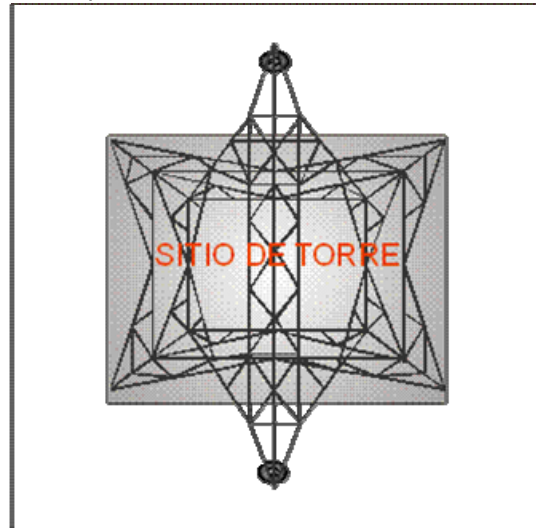
$$A_1 = l * l = 10,960 * 10,960 = 120,1216m^2 \quad \text{d.1}$$

Donde

$l$  : distancia lateral entre apoyos la torre en metros

El área necesaria para la instalación de cada torre es de 120, 1216 m<sup>2</sup>.

Figura D.1. Área para emplazamiento de torres.



Fuente: Autor

- Área afectada por el trazado de la línea (ver figura D.2):

$$A_2 = L * Z_s - A_1 * 164 = 64583 * 32 - 120,1216 * 164 = 2.046.956m^2 \quad d.2$$

Siendo

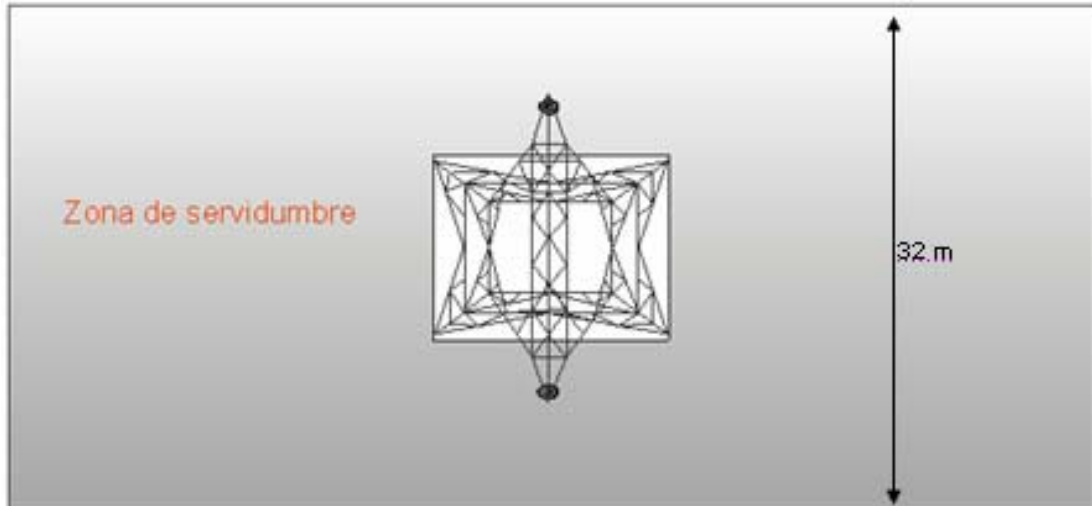
$L$  : Longitud de la línea en metros

El área de terreno necesaria para todo el trazado de la línea es de 2.066 m<sup>2</sup>

#### D.4 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE PROPUESTA

De acuerdo con la delimitación planteada en la propuesta de norma el ancho mínimo de la zona de servidumbre depende del balanceo de los conductores debido a la carga de viento, a efectos eléctricos y a las distancias de seguridad horizontal.

Figura D.2. Área de trazado de la línea



Fuente: Autor

El ancho de la zona de servidumbre se determina teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$S = dc + 2(lc + f_{mv}) * \text{sen}(\beta) + 2 * ds \quad \text{d.3}$$

Donde:

$S$  : ancho en metros de la zona de servidumbre.

$dc$  : distancia horizontal metros entre conductores externos en estado de equilibrio.

$lc$  : longitud cadena de aisladores

$f_{mv}$  : flecha máxima del conductor, en metros

$\beta$  : ángulo de declinación de la cadena de aisladores en la hipótesis de viento máximo, medido respecto de la vertical.

$ds$  : distancias horizontal mínima de seguridad, medida a partir de la posición del conductor declinado del ángulo  $\beta$ . Este valor se obtiene de la Tabla 15 del anexo A.

- En área urbana:

$$S = 11,3 + 2 * 2,866 + 2 * 4,95 = 26,392 \text{ m} \quad \text{d.4}$$

Por lo tanto la zona de servidumbre en zona urbana será de 26,392 metros.

- En área rural:

$$S = 11,3 + 2 * 2,866 + 2 * 3,75 + 6 = 30,532 \text{ m} \quad \text{d.4.}$$

Para zona rural, tenemos dos franjas adyacentes de seis (3) metros a cada lado del eje de la línea; entonces tendremos una zona de servidumbre total de 30.532 metros.

## D.5 ÁREA DE AFECTACIÓN DE LA ZONA DE SERVIDUMBRE

La determinación de la zona afectada depende de la división de zona de servidumbre según el grado de importancia para la operación, mantenimiento y seguridad de las líneas de transmisión, conforme se define a continuación.

- Área afectada para la zona de torre (ver figura D.3):

$$A_1 = l * l = 10,960 * 10,960 = 120,1216 \text{ m}^2 \quad \text{d.5}$$

El área necesaria para el instalación de cada torre es de 120, 1216 m<sup>2</sup>.

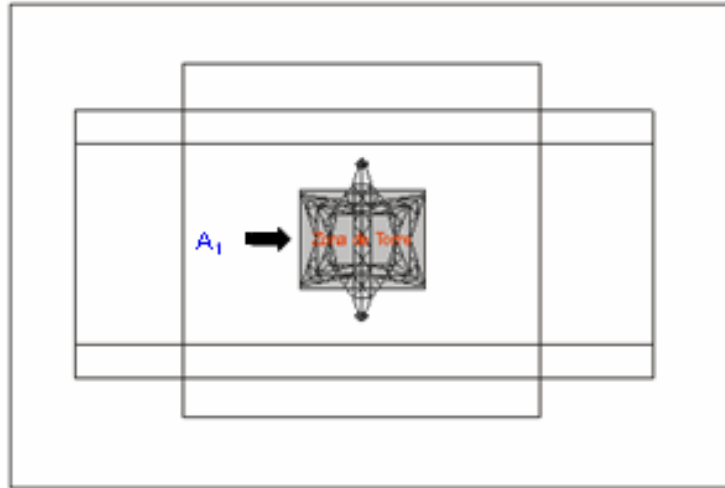
- Área afectada para la zona de seguridad de línea (ver figura D.4):

$$Z_2 = dc + 2(lc + f_{mv}) * \text{sen}(\beta) = 11,3 + 2 * 2,866 = 17,032 \text{ m} \quad \text{d.6}$$

Donde

- $dc$  : distancia horizontal metros entre conductores externos en estado de equilibrio.
- $lc$  : longitud cadena de aisladores
- $f_{mv}$  : flecha máxima del conductor, en metros
- $\beta$  : ángulo de declinación de la cadena de aisladores en la hipótesis de viento máximo, medido con referencia en la vertical

Figura D.3. Área de Afectación para la zona de torre



Fuente: Autor

$$A = L * Z_2 = 64853 * 17,032 = 1.099.977m^2 \quad \text{d.7}$$

La franja de terreno para todo el trazado de la línea (A) es de 1.099 m<sup>2</sup>. El área efectiva para el avalúo (A<sub>2</sub>) debe tener en cuenta la zona de torre y la zona de seguridad de torre para las 164 torres.

$$A_i = (Z_2 * 2 * Z_2 - A_1) * T = (17,032 * 34,064 - 120,1216) * 164 = 75.449,257m^2 \quad \text{d.8}$$

Siendo A<sub>i</sub> el área de la zona de seguridad de torre indemnizada en el área A<sub>3</sub> y T el numero de torres de la línea.

Por lo tanto,

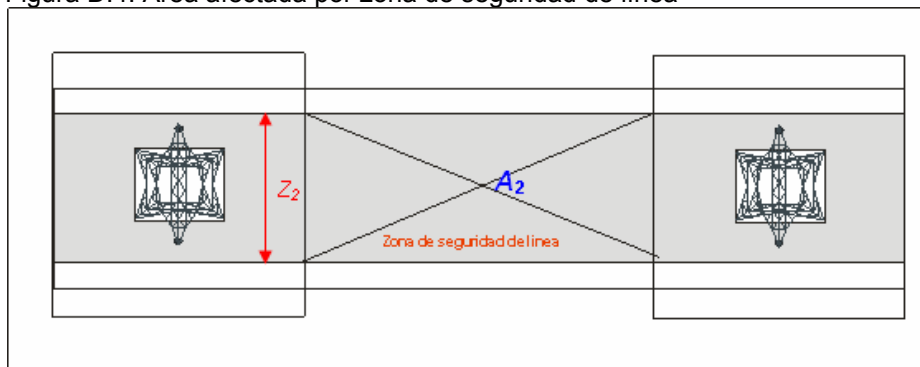
$$A_2 = A - A_i = 1.099.977 - 75.449,257 = 1.024.527m^2 \quad \text{d.9}$$

- Área afectada para la zona de seguridad de torre (ver figura D.5):

$$Z_3 = 2 * Z_2 = 2 * 17.032 = 34,0640m \quad \text{d.10}$$

$$A = Z_2 * Z_2 = 34,0640 * 34,0640 = 1160,3561m^2 \quad \text{d.11}$$

Figura D.4. Área afectada por zona de seguridad de línea



Fuente: Autor.

El área correspondiente a zona de seguridad de torre es de 1160, 356 m<sup>2</sup> para cada torre. Para el avalúo comercial el área efectiva de zona de torre es 1040.2345 m<sup>2</sup>, que se obtiene de quitar el área de la zona de torre que se indemniza a un valor diferente:

$$A_3 = 1160,3561 - 120,1216 = 1040,234m^2 \quad \text{d.12.}$$

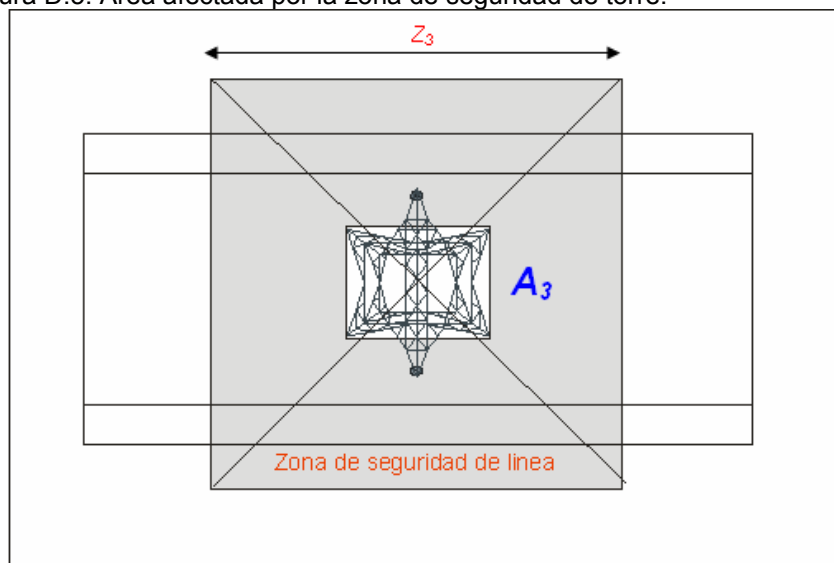
- Área afectada para la zona de extra (ver figura d.6)

En zona urbana:

$$Z_4 = 4,95m \quad \text{d.13}$$

$$A = 64.583 * 4,95 = 319.685m^2 \quad \text{d.14}$$

Figura D.5. Área afectada por la zona de seguridad de torre.



Fuente: Autor.

En zona rural:

$$Z_4 = 3,75 + 3 = 6,75m$$

d.15

$$A = 64.583 * 6,75 = 435.935m^2$$

d.16

Tenemos entonces dos franjas de terreno a cada lado del eje de la línea. Para zona urbana estas franjas tienen un área de 319.685 m<sup>2</sup> y en zona rural será de 435.935 m<sup>2</sup>.

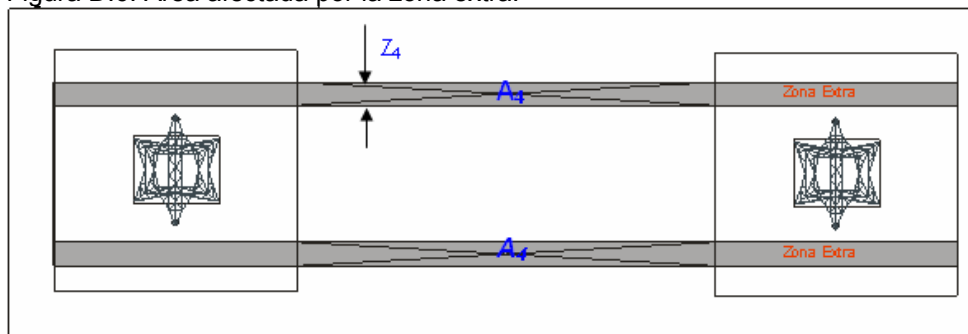
El área a indemnizar corresponde a la zona extra (A<sub>4</sub>) sin las áreas ya desagraviada en las demás zonas de la franja de servidumbre.

$$A_4 = A - (Z_3 * Z_4) * T = 435.935 - (34,064 * 6,75) * 164 = 398.226,152m^2 \quad \text{d.17}$$

## D.5 AVALUÓ DE DE TERRENOS

Para establecer el avaluó de los terrenos necesarios para el emplazamiento de esta línea, se realiza un proceso de negociación directa con el propietario (o imposición si se requiere en caso de no acuerdo) para permitir el paso de la línea de transmisión de energía con su correspondiente proceso de construcción de torres y tendido de conductores.

Figura D.6. Área afectada por la zona extra.



Fuente: Autor.

De acuerdo con los registros de ISA<sup>13</sup> se determinó que el valor a pagar por concepto de servidumbre, para este tipo proyecto es el 25% del valor comercial del área afectada.

Si suponemos los pagos de estos avalúos según los precios actuales<sup>14</sup> (el precio comercial en esta zona es de \$4.000 pesos metros cuadrado de tierra), es decir como si la línea se fuera a construir hoy, ISA tendría que pagar por este concepto los montos establecidos en la tabla D.2.

<sup>13</sup> Documento No 431-S-IN-002 Adquisición de servidumbres, Informe final de Consultoría Colombia S.A.

<sup>14</sup> Tomado de los valores que maneja Gestión Predios de ISA para el pago de servidumbres en los proyectos UPME 01.

Tabla D.2. Montos de pago por indemnización de servidumbre actual

Zonas	Area m2	C.R. %	Valor Comercial \$	Valor de Indemnización \$
Zona de servidumbre	2,046,956	25%	\$ 8,187,824,000	\$ 2,046,956,000
Sitio de torre	23,816	100%	\$ 94,464,000	\$ 94,464,000
<b>Total \$</b>			<b>\$ 8,282,288,000</b>	<b>\$ 2,141,420,000</b>

Fuente: Autor

Con el objeto de comparar las implicaciones económicas en la tabla D.3 se muestran los valores a pagar por el mismo concepto de indemnización de servidumbre, pero teniendo en cuenta la división de la zona de servidumbre con sus respectivas restricciones al dominio.

Los datos mostrados en la tabla D.3 se obtienen de la metodología propuesta en la norma para el pago de indemnizaciones de terrenos.

Tabla D.3. Montos de pago por indemnización de servidumbre propuestos

Zonas	Area m2	C.R. %	Valor Comercial \$	Valor de Indemnización \$
Zona de torre	23,816	100%	\$ 94,464,000	\$ 94,464,000
Zona de seguridad de línea	1,024,527	20%	\$ 4,098,108,000	\$ 1,024,527,000
Zona de seguridad de torre	170,508	20%	\$ 662,393,904	\$ 170,508,376
Zona Extra rural	790,462	13%	\$ 3,186,809,216	\$ 398,226,162
<b>Total \$</b>			<b>\$ 8,060,774,220</b>	<b>\$ 1,687,815,528</b>

Fuente: Autor


Como se puede observar en los dos escenarios planteados se debe pagar la misma suma por el sitio de torre, ya que en ambas situaciones se mantiene sin cambios. Sin embargo los resultados obtenidos muestran una diferencia considerable de aproximadamente 453 millones de pesos en las dos situaciones.

Esta diferencia se debe al cambio en los porcentajes de indemnización. En el primer escenario se debe pagar por una extensión de 2046 km<sup>2</sup> de terrenos afectados cerca de 2.141 millones de pesos correspondientes al 25% del valor comercial de los predios. En el segundo escenario señalado para zona rural tenemos 1.991 km<sup>2</sup> de área afectada (menor comparado con la primera situación) los cuales no se pagan todos al mismo porcentaje del valor comercial sino que los porcentajes varían depende de las zonas (zona de seguridad de línea, zona de seguridad de torre o zona extra) evaluados 1.687 millones de pesos, es decir, un 21% menos que el primer escenario.

El menor porcentaje de la zona extra (13%) se debe a que el dueño del predio no tiene las mismas restricciones del resto de la zona de servidumbre, en especial porque puede construir casas de una sola planta

Como se observa en la tabla D.4 el porcentaje del valor comercial a pagar se determinó para ganadería semi-extensiva con aprovechamiento de pasturas cultivables y considerando el máximo porcentaje de afectación (5%) de los predios. Comparativamente hablando se pagaría el mismo porcentaje de la primera situación estudiada (25%) pero en el segundo caso solo aplica a las zonas de seguridad.

Tabla D.4. Porcentajes de afectación de la línea

<b>USO Y APTITUD</b>		<b>Porcentaje de afectación</b>
2. Ganadería semi-extensiva. Con aprovechamiento de pasturas cultivables		20%
<b>FORMA DEL TRAZADO</b>		
4		5%
<b>COEFICIENTE DE RESTRICCIÓN (CR)</b>		25%

Fuente: Autor.

Un aspecto importante en el pago de indemnización correspondiente a la constitución de servidumbres son las casas que deben ser retiradas de la zona, el cual no se cuantifica en este estudio debido a las particularidades de su avalúo. Sin embargo, un dato significativo para tener en cuenta es que el área en la cual no se permiten viviendas disminuirá de 2.141 m<sup>2</sup> a 1.195 m<sup>2</sup>

Correspondiente a un porcentaje de reducción del 45% lo que se traduce en una reducción significativa de costos por menor cantidad de viviendas reubicadas.