

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**ANÁLISIS TÉCNICO Y REGULATORIO PARA LA
IMPLEMENTACION DEL MERCADO DE SERVICIOS
COMPLEMENTARIOS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO
ECUATORIANO**

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA
VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS BENEFICIOS DE
IMPLEMENTACION DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS EN
SISTEMA ELÉCTRICOS.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN
ELECTRICIDAD**

FRANKLIN DAVID CARGUA RAMOS

franklin.cargua@epn.edu.ec

DIRECTOR: DR. ING. GABRIEL SALAZAR YÉPEZ

gabriel.salazar@epn.edu.ec

DMQ, ENERO 2023

CERTIFICACIONES

Yo, FRANKLIN DAVID CARGUA RAMOS certifico que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi responsabilidad, que no se haya presentado y solicitado previamente en ningún trabajo académico o profesional, de igual manera, las referencias bibliográficas contenidas en este documento.



FRANKLIN DAVID CARGUA RAMOS

Certifico que este trabajo de integración curricular fue desarrollado bajo mi supervisión, por RANKLIN DAVID CARGUA RAMOS.



DR. ING. GABRIEL SALAZAR YÉPEZ
DIRECTOR

Confirmamos y certificamos que hemos revisado el presente trabajo de integración curricular.

NOMBRE_REVISOR1

REVISOR1 DEL TRABAJO DE
INTEGRACION CURRICULAR

NOMBRE_REVISOR2

REVISOR1 DEL TRABAJO DE
INTEGRACION CURRICULAR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Certificamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como los productos resultantes, son de dominio público y estarán a disposición para la comunidad a través repositario digital e institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, se otorgan derechos patrimoniales que contribuyeron a la creación de este trabajo, para tal efecto, cumplir con las normas establecidas por la autoridad competente en materia de propiedad intelectual, reglamentos internos y demás normas.

FRANKLIN DAVID CARGUA RAMOS

DR. ING. GABRIEL SALAZAR YEPÉZ

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre quien me dio la oportunidad de aprender a través de muchos sacrificios, me brindó la oportunidad de cumplir con mis sueños de conseguir un título de tercer nivel, de igual manera, a mi hermano que me enseñó que siempre hay metas por alcanzar, tomando en cuenta siempre que continuamente se presentaran metas por definir y conseguir para proporcionar a mi familia un futuro estable y para finalizar a mi padre que desde el cielo me acompaña siempre.

AGRADECIMIENTO

A cada miembro de la comunidad politécnica que me apoyo con conocimientos y me brindó su apoyo para lograr este objetivo, y con un agradecimiento especial tanto al ingeniero Bryan Augusto Estrella Sambache, quien me acompañó hasta el final de mi vida universitaria, permitiéndome adquirir varias experiencias relacionadas a la carrera, de igual manera al Dr. Ing. Gabriel Salazar, que a través de su paciencia, conocimiento y confianza, se ha logrado presentar de manera completa el trabajo de integración curricular.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Alcance	3
1.4 Marco teórico	4
1.4.1 Servicios Complementarios	4
1.4.1.1. Diseño regulatorio y principios generales.....	4
1.4.1.2 Posiciones con respecto al Mercado de Servicios Complementarios	5
1.4.1.2.1 Proveedores de Servicios Complementarios	5
1.4.1.2.2 Usuarios de Servicios Complementarios.....	6
1.4.2 Lista de Servicios Complementarios	6
1.4.3 Organización de un mercado y métodos rentables de prestación de servicios complementarios.....	7
1.4.4 ¿Cómo gestionar los servicios complementarios para la provisión de energía eléctrica?.....	7
1.4.5 Gestión de Servicios Complementarios en el mercado.....	8
1.4.6 Servicios complementarios en algunos mercados internacionales	8
1.4.7 Planteamiento del problema de los Servicios Complementarios	10
2 METODOLOGÍA	11
2.1 Análisis económico del despliegue de mercados de servicios complementarios en países con mercados ya estructurados	11
2.1.1 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en Estados Unidos.	12
2.1.1.1 Mercado de Energía.....	12
2.1.1.2 Resumen.....	13
2.1.2 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en Italia.....	14
2.1.2.1 Estructura del Mercado Eléctrico Italiano	14
2.1.2.1.1 Mercado Spot.....	14
2.1.2.1.2 Mercado a Plazo	15

2.1.2.2 Resumen.....	15
2.1.3 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en Francia	15
2.1.4 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios de los Países Nórdicos.....	16
2.1.5 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios del Reino Unido	17
2.1.6 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en Australia.	18
2.1.7 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en España.....	19
2.1.7.1 Análisis de la estructura actual del Mercado de Servicios Complementarios en el sistema eléctrico español.	19
2.1.8 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en México.....	20
2.2 Aspectos comerciales del sistema eléctrico ecuatoriano, que permiten visualizar los beneficios económicos que presentarán los servicios complementarios para una propuesta de implementación de mercado.....	21
2.3 Transacciones comerciales de los productores y demanda.....	23
2.4 Estudio de servicios complementarios existentes en el sector eléctrico ecuatoriano	24
2.4.1 Regulación primaria de frecuencia.....	24
2.4.2 Regulación Secundaria de Frecuencia	25
2.4.3 Cargo por Potencia	26
2.4.4 Rentas de congestión	26
2.4.5 Control de Voltaje.....	27
2.4.5.1 Análisis de los beneficios económicos de la introducir un servicio complementario de control de voltaje con sistema BESS.....	27
2.5 Estructuración para una propuesta de introducción de un mercado de servicios complementarios en el sistema eléctrico ecuatoriano, estableciendo como principal servicio la regulación de frecuencia	28
2.5.1 Papel del estado	28
2.5.2 Disposiciones generales	30
2.5.3 Calificación de unidades	31
2.5.4 Asignación del servicio.....	32
2.5.4.1 Asignación de corto plazo	32

2.5.4.2 Asignación de largo plazo	32
2.5.5 Penalizaciones por incumplimiento	33
2.5.6 Liquidación económica.....	34
3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
3.1 Conclusiones.....	36
3.2 Recomendaciones.....	37
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

RESUMEN

Este trabajo de integración curricular realiza una valorización económica de una propuesta de introducción de un mercado de servicios complementarios en el sistema eléctrico ecuatoriano, en el cual se partirá del análisis de todos los aspectos económicos relacionados a la implementación de un mercado de servicios complementarios, tomando en cuenta todos los miembros que integren la perteneciente provisión de los servicios públicos de energía eléctrica en el Ecuador, para lo cual se tomara una base de mercados implementados en diferentes países que cuenten con una estructura ya establecida para el manejo y remuneración de servicios complementarios que permitan establecer un alto rango de confiabilidad en los sistemas eléctricos de potencia.

Con el análisis adecuado de todos los aspectos pertenecientes a la implementación de los servicios complementarios, se presentará una propuesta de estructura para un mercado capaz de promover bases eficientes y competitivas para generación, transmisión, distribución, comercialización y almacenamiento de energía. Comparando los países que cuenten con un mercado eléctrico, se presentara una estructura que promueva la obtención del precio real de cada uno de los servicios complementarios potenciales para establecer un mercado eléctrico rentable, libre de monopolio y que permita llenar las expectativas de los proveedores de los servicios que integren el mercado eléctrico, llevando así a que sean remunerados de forma adecuada, para compensar su implementación en el sistema ecuatoriano.

Se determinará una metodología para analizar los beneficios económicos para una propuesta de implementación de servicios complementarios, lo que genera un estudio adecuado de todas las transacciones comerciales que se presenta en el servicio de energía ecuatoriano.

En este trabajo, se planteará una propuesta para un mercado de servicios complementarios en el sistema eléctrico ecuatoriano, cuyo objetivo es perfeccionar el modelo eléctrico ecuatoriano, en base a un análisis de mercados de servicios complementarios establecidos en diferentes países americanos y europeos, se presentará un mercado de servicios complementarios que cuente con un adecuado manejo del operador del sistema.

PALABRAS CLAVE: Valorización económica de servicios complementarios, sistema eléctrico ecuatoriano, generación y trasmisión.

ABSTRACT

This work of curricular integration carries out an economic valuation of a proposal for the implementation of a complementary services market in the Ecuadorian electrical system is carried out, which will start from the analysis of all the economic aspects related to the implementation of a services market. complementary, taking into account all the members that make up the pertinent provision of public electricity services in Ecuador, for which a base of markets implemented in different countries that have an already established structure for the management and remuneration of complementary services that allow establishing a high range of reliability in electrical power systems.

With the adequate analysis of all the aspects pertaining to the implementation of the complementary services, a structure proposal will be presented for a market capable of promoting efficient and competitive bases for energy generation, transmission, distribution, commercialization and storage. Comparing the countries that have an electricity market, a structure will be presented that promotes obtaining the real price of each of the potential complementary services to establish a profitable electricity market, free of monopoly and that allows meeting the expectations of the providers of the services that integrate the electricity market, thus leading to their being adequately remunerated, to compensate their implementation in the Ecuadorian system.

A methodology will be determined to analyze the economic benefits for a proposal for the implementation of complementary services, which generates an adequate study of all commercial transactions that occur in the Ecuadorian energy service.

In this work, a proposal for a market of complementary services in the Ecuadorian electrical system will be presented, whose objective is to improve the Ecuadorian electrical model, based on an analysis of complementary services markets established in different American and European countries, a complementary services market that has adequate management by the system operator.

KEYWORDS: Economic valuation of complementary services, Ecuadorian electrical system, generation and transmission.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El sector eléctrico con su constante reestructuración y desregulación, mantiene como objetivo primordial satisfacer los requisitos de confiabilidad, infiabilidad y calidad, dicho objetivo es un constante desafío, el cual como base tiene como meta aumentar la eficiencia técnica y económica [1]. A través del desarrollo de varios prototipos de organizaciones de producción de submercados en el sector eléctrico, por ejemplo, mercados de servicios complementarios.

Hay varios sistemas eléctricos en todo el mundo, que ya tienen una estructura de mercado de servicios complementarios, que cuentan con una estructura ya establecida y responsable para la administración y gestión de los productos técnicos y humanos que permiten garantizar el abastecimiento eléctrico en estipulaciones aceptables de importancia y seguridad. Sin embargo, al privatizar y regular las funciones del sector energético, genera necesariamente la discriminación de los servicios complementarios. Debido al rendimiento de estos servicios en cuanto actúan el sistema, es muy importante el pensamiento de que sean compensados adecuadamente por la prestación de cada uno de estos servicios, dando como fundamentos bases la sustentación de la creación de un mercado adecuado para el sistema eléctrico ecuatoriano. [1]

Si bien algunos servicios están relacionados con el suministro de electricidad, su importancia se deriva de su capacidad para proporcionar energía u otros recursos según la demanda. Por tanto, el monto adecuado de los servicios complementarios convenidos, deberá cuantificarse en función de su capacidad al momento de ser desplegados por el operador para actuar en caso de acciones correctivas para el mejoramiento de confiabilidad del sistema, teniendo en cuenta este criterio, cada servicio complementarios añadido a la red debe compensarse convenientemente para permitir que prevalezca el trabajo de alto rendimiento, dejando espacio para la aseguración de costos de inversión, operación y mantenimiento [2]. Por esta razón, los servicios complementarios no pagan por la capacidad del sistema y no pueden administrarse como una extensión del mercado de energía. Para ello, es necesario desarrollar diferentes mecanismos para asegurar la asistencia y el monto correspondiente de estos servicios en el ámbito de los sistemas eléctricos.

Para crear un marco adecuado para la propuesta de la introducción de un mercado de servicios complementarios, se recopilarán datos de países con mercados ya establecidos, para poder estudiar los problemas causados por incumplimientos de normas o desabastecimiento de servicio.[3]

Existen tres prototipos de costos para catalogarlos servicios complementarios: costo elevado, debido a una gran inversión de capital o capital operativo, la segunda categoría es de costo medio, estos servicios no requieren una gran inversión para implementarse y el último tipo de costo es bajo, son servicios que necesitan un mínimo implemento de mecanismos de control.[1]

En el vigente trabajo de Investigación Curricular se realizará la investigación del alcance económico financiero del proyecto para la introducción de un mercado de servicios complementarios, para ello se tendrán las tareas como: estudio del mercado actual del Sistema Eléctrico Ecuatoriano para analizar el agente encargado de recaudar el servicio, como segundo objetivo presentar un modelo económico eficiente dentro de un mercado de competencia, este documento describe el funcionamiento de los mercados de energía y valor agregado con el fin de concretar la viabilidad económica de la introducción de un mercado de servicios complementarios en el sector eléctrico ecuatoriano.

1.1 Objetivo general

Determinar una propuesta de una metodología para la valoración económica de la rentabilidad de la introducción de un mercado de servicios complementarios en sistemas eléctricos.

1.2 Objetivos específicos

1. Determinar los beneficios económicos de la implementación de un mercado de servicios complementarios en el sistema eléctrico ecuatoriano.
2. Proponer una metodología para la valoración económica de los beneficios de implementación de servicios complementarios en sistemas eléctricos.
3. Detallar los beneficios económicos derivados de la implementación de un mercado de servicios complementarios en el sistema eléctrico ecuatoriano.
4. Plantear recomendaciones para la implementación de ciertos servicios complementarios en el Ecuador.

1.3 Alcance

El alcance del proyecto queda definido a partir de los siguientes puntos:

- Se revisará el contenido bibliográfico relacionado con la implementación de servicios complementarios en otros países y se realizará un análisis comparativo.
- Se desarrollará un informe con la propuesta de una metodología para la valoración económica de la rentabilidad de la introducción de un mercado de servicios complementarios en sistemas eléctricos.
- Se desarrollará un informe con la determinación de la rentabilidad económica de la implementación de un mercado de servicios complementarios en el sistema eléctrico ecuatoriano.
- Se desarrollará un informe con las recomendaciones para la implementación de ciertos servicios complementarios en el sistema eléctrico ecuatoriano.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Servicios Complementarios

Los servicios complementarios son definidos como los mecanismos necesarios para garantizar la operación y control de sistemas eléctricos, estos servicios son acciones que permiten al Operador sustentar la seguridad del sistema eléctrico, esto a través de mecanismos asociados que garantizan que el sistema eléctrico modere los eventuales desequilibrios entre generación y la demanda dentro de los parámetros establecidos para óptimos índices de seguridad, confiabilidad y eficiencia. [4]

Los servicios complementarios en propósitos generales se entienden como reservas operacionales en parámetros como potencia activa y reactiva necesarias para reponerse ante desbalances de energía y/o ayudan a reponerse después de cortes de energía aleatorios, permitiendo garantizar un grado de seguridad y calidad adecuada. Estos depósitos de reservas permiten proporcionar protección ante eventuales desequilibrios técnicos que se presentan durante la operación normal y/o perturbaciones. [1]

Los servicios complementarios permiten al operador corregir desbalances presenten en la red que pueden generar desestabilidad, de igual manera, posibilitan al operador afrontar fallas inesperadas o salidas de componentes de un generador, línea de transmisión u otro elemento presente en el sistema. [5]

1.4.1.1. Diseño regulatorio y principios generales

Cada sistema eléctrico debe garantizar el correcto funcionamiento de la red, proporcionar la confiabilidad del sistema más consistente posible, para garantizar el nivel de confiabilidad requerido por el estado, se crea una estructura que permita completamente la dinámica del sistema.

El Operador de la red, representa el bloque que ejerce acciones preventivas y correctivas, para que el sistema responda de mejor manera a las perturbaciones que podrían causar inestabilidad en el sistema a largo plazo.

El funcionamiento correcto y confiable de la red eléctrica requiere energía, pero para garantizar una transmisión segura, como se muestra en la Figura 1.1, debe incluir otros factores que aseguren la estabilidad de la energía suministrada. Los servicios complementarios son factores adicionales que aseguran que el sistema eléctrico no se afectado en su totalidad, asegurando de cierta manera altos rangos de confiabilidad a la red eléctrica.

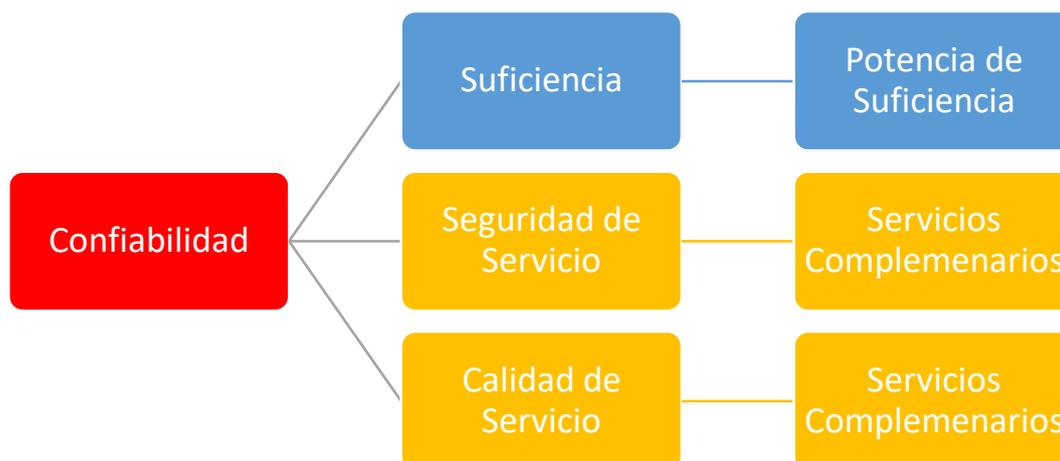


Figura 1.1 Diseño regulatorio y principios generales

1.4.1.2 Posiciones con respecto al Mercado de Servicios Complementarios

En cuanto al concepto y provisión de servicios complementarios en cada país se han desarrollado estructuras capaces de gestionar su propia posición frente a proveedores y usuarios, es decir, brindan un sistema calificado para garantizar un mercado libre de monopolio, asegurando un plan capaz de satisfacer necesidades técnicas y económicas de las partes comprometidas en la prestación de servicios complementarios.

Dentro de cada sistema eléctrico, se segregarán los servicios complementarios según sus necesidades, lo que permitirá al Operador del Sistema de cada mercado, junto con el Operador del Mercado asignado, crear una variedad de posiciones para: seguridad, confiabilidad, calidad de servicio y rendimiento que representa cada proveedor. [1]

1.4.1.2.1 Proveedores de Servicios Complementarios

Los servicios complementarios serán provistos por un operador capaz de realizar cada servicio de una manera técnica, que le permita satisfacer todos los requerimientos del operador del sistema, lo que permitirá la creación de un el sistema eléctrico calificado, operando con alta confiabilidad, de igual manera, cada proveedor deberá hacer frente a los desequilibrios que dan lugar al suministro y aceptación de los compromisos establecidos en su legislación de cada país que cuente con un mercado ya establecido de servicios complementarios.

La cadena descentralizada, que los proveedores de servicios complementarios proporcionan como cabecera de la pirámide, son los generadores, los cuales son los encargados de ajustar el precio colocado en el mercado, a continuación, tenemos a los transmisores y/o distribuidoras, el orden de estos dependerá de la estructura propuesta en cada mercado planteado en cada país que cuente con servicios complementarios.

1.4.1.2.2 Usuarios de Servicios Complementarios

Los usuarios de los servicios complementarios se destacan por la capacidad de autoconsumo de los auto generadores y los grandes consumidores de energía. En los servicios complementarios existen normas a los que los usuarios están sujetos, siendo estas normas requeridas para las tracciones del sector eléctrico.

Como se puede analizar en el art. 39 de la Ley Orgánica del servicio público de Energía Eléctrica, todos los posibles usuarios de los servicios complementarios serán personas jurídicas, consagradas en labores de generación, autogeneración, transmisión, distribución y comercialización, serán considerados como usuarios reglamentarios para la prestación de servicios complementarios.

Considerando la Figura 1.2, se puede visualizar brevemente las personas jurídicas que serán considerados usuarios.

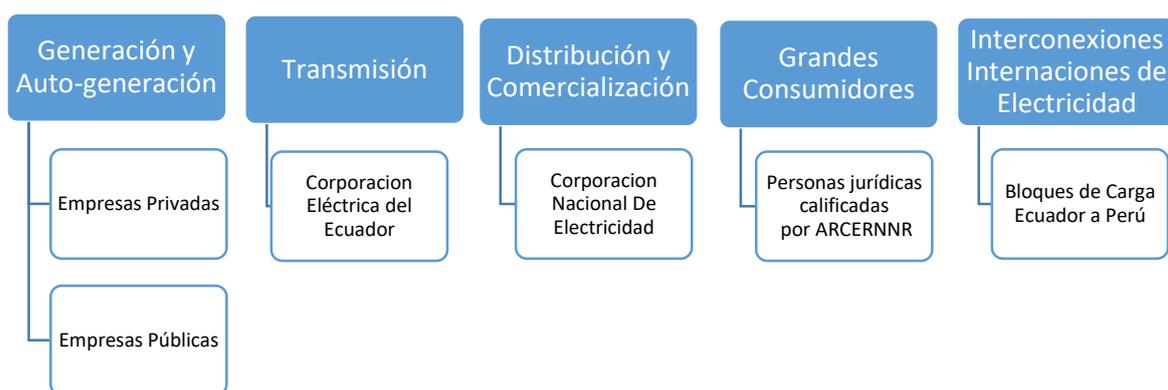


Figura 1.2 Usuarios de los Servicios Complementarios

1.4.2 Lista de Servicios Complementarios

Los servicios complementarios se caracterizan por los beneficios que aportan al mercado, siendo los siguientes servicios son los más típicos que se encuentran en países que cuentan con un establecido mercado de servicios complementarios [1]:

- Control de Voltaje
- Regulación y Balance de Frecuencia Primaria
- Regulación de Frecuencia (Secundaria y Terciaria)
- Capacidad de Partida autónoma
- Seguridad de transmisión

- Despacho Económico
- Aplicación Comercial [1]

1.4.3 Organización de un mercado y métodos rentables de prestación de servicios complementarios

Para promover un mercado de servicios en la red eléctrica ecuatoriana, se debe realizar un análisis profundizado en cada una de las organizaciones involucradas en el abastecimiento de la energía eléctrica, para proceder a organizar un monopolio natural, esto debido a que se debe buscar que no se presenten beneficios cruzados y/o dependencias de generadores ni transmisores, presentando así un mercado capaz de atender las ofertas de los participantes en forma equitativa siendo una participación directa y publica a los proveedores capaces de presentar la mejor propuesta ante el servicio complementario requerido por el estado ecuatoriano. Dando paso a que el manejo de este mercado sea un ente capaz de administrar el mercado de forma descentralizada.

Para promover la introducción un mercado de servicios complementarios, se debe realizar un análisis en cada organización relacionada con el suministro de electricidad. El área encargada buscara que no se presenten beneficios cruzados y/o la dependencia de generadores ni transmisores, presentando así un mercado capaz de atender las ofertas de los participantes en forma equitativa siendo una participación directa y publica a los proveedores capaces de presentar la mejor propuesta ante el servicio complementario solicitado por el sistema eléctrico ecuatoriano. Dando paso a la administración de este mercado sea un ente capaz de administrar un mercado descentralizado.

En este trabajo se manejará una gama de criterios pertenecientes a los servicios complementarios, dando paso a las principales preguntas que se van presentando de acuerdo a su importancia.

1.4.4 ¿Cómo gestionar los servicios complementarios para la provisión de energía eléctrica?

Para formular una propuesta de mercado de servicios complementarios, se plantea la siguiente pregunta, ¿Quién puede y debe promover los servicios complementarios?, comenzando por establecer un controlador que sea parcial para poder gestionar los servicios, de manera técnica y económicamente descentralizado, que el operador encargado pueda construir una pirámide que especifique los valores correctos para establecer cantidades adecuadas y equilibradas, con los criterios de selección de los servicios complementarios necesarios para conformar un mercado adecuado de seguridad

y calidad para un servicio energético digno para la sociedad, este sistema planteado se sugiere que debe sostener los aspectos económicos y remunerativos de la implementación.

1.4.5 Gestión de Servicios Complementarios en el mercado

El Operador del Mercado es el principal coordinador para cada estructura desarrollada de mercado de servicios complementarios, que, junto con el Operador del Sistema, definen el esqueleto del sistema eléctrico. El Operador del Mercado se presenta como el camino predeterminado y establecido con los productores, este enlace le permite recibir información sobre los requisitos de los servicios complementarios y sus remuneraciones a los productores, quienes presentaran las propuestas adecuadas, de acuerdo a su competencia técnica. [6]

El Operador del Sistema debe acoger todas las ofertas presentadas por parte del operador del mercado con el fin de examinar y/o estudiar la factibilidad técnica y económica de las ofertas para así planificar el despacho real. [6]

1.4.6 Servicios complementarios en algunos mercados internacionales

En el presente trabajo de titulación, gran base del estudio es realizar un breve análisis de los principales servicios complementarios en los países que cuenten con un mercado ya establecido, por lo cual en la Tabla 1, se mostrara el tipo de servicios remunerados cuenta cada país analizado, como de igual manera se presenta su esquema de asignación y formación de precio.

Tabla 1. Servicios Complementarios remunerados en algunos mercados. [7]

Estados y países	Servicios complementarios remunerados	Asignación y formación de valores
Pennsylvania	Como principal servicios tenemos la Regulación Secundaria de Frecuencia proporcionados por los generadores y por las baterías, como de igual manera el estado de Pennsylvania cuenta con Reserva no rodante	Licitación del día anterior Licitación Intradía
Texas	Regulación secundaria de frecuencia hacia arriba y hacia abajo, adicionalmente se cuenta con el servicio de Reserva no rodante	Licitación spot del día anterior Contrato bilateral del anterior

New York	Regulación primaria de frecuencia, de igual manera, se cuenta con Reserva rodante y no rodante	Licitación spot del día anterior Licitación Intradiario Co-optimización con despacho de energía en día de operación
New England	Regulación primaria de frecuencia Reserva operativa, rodante y no rodante	Licitación semestral Co-optimización con despacho de energía en día de operación
Midcontinent	Regulación secundaria de frecuencia Reserva rodante y suplementaria	Licitación spot día anterior Licitación Intradiario
Inglaterra	Regulación primaria de frecuencia Reserva terciaria de frecuencia y no rodante Control de voltaje y Black Star	Licitación Semanal Licitación Intradiario
España	Regulación secundaria de frecuencia Reserva rodante y suplementaria	Licitación del día anterior Licitación Intradiario
Francia	Reserva terciaria de frecuencia y no rodante Control de Voltaje	Licitación del día anterior Licitación Intradiario
Alemania	Regulación de frecuencia (Primaria, secundaria y terciaria), Control de Voltaje y Black Start	Licitación del Semanal Licitación día anterior Licitación Intradiario Contratos bilaterales
Noruega	Regulación de frecuencia (Primaria, secundaria y terciaria) y Control de Voltaje	Licitación día anterior Licitación Intradiario

Suecia	Regulación de frecuencia (Primaria, secundaria y terciaria) y Black Start	Licitación día anterior Licitación Intradía
--------	---	--

1.4.7 Planteamiento del problema de los Servicios Complementarios

Los servicios complementarios enfrentan algunas dificultades dentro del sector eléctrico, afectando directamente al suministro de energía, esto a través de no cuentan con una estructura organizacional específica, necesitan resolver algunos problemas, tales como criterios y estándares de confiabilidad, los cuales deber ser aceptados y consensuados por todas las entidades, lo que ayuda a conseguir un equilibrio técnico y económico acorde a las necesidades del sector eléctrico. Debemos recordar que una vez establecidos los derechos y responsabilidades, las definiciones y los acuerdos pueden variar de un sistema a otro.

Otro problema al que se enfrentan los servicios complementarios, es quien los proporciona, es decir, fabricantes propietarios de redes de transporte, operadores de sistema, agentes privados e incluso el Estado. Además, con los servicios adicionales surgen problemas de gestión y control, es decir, debe haber un Operador del Sistema que gestione estos servicios, o un tercero que esté involucrado en la prestación de los mismos. Este debería ser el primer caso, es necesario determinar si es suficiente separar la declaración de la transacción o separar las funciones

Lo importante no es solo la gestión técnica para la prestación de servicios adicionales, sino también la gestión económica. En este sentido, debe determinarse, por ejemplo, si el servicio se presta sobre la base de un acuerdo bilateral o multilateral entre el operador del sistema y el proveedor del servicio. Además, se pueden prestar a través de ofertas o limitaciones periódicas, por lo que es necesario dotar de servicios adicionales al mercado para que la organización industrial pueda controlar todos los aspectos relevantes a estos servicios.

2 METODOLOGÍA

En el presente trabajo de integración curricular se desarrolla de acuerdo a la metodología de investigación que se presenta a continuación, donde se analiza detalladamente la introducción del mercado de servicios complementarios en el sistema ecuatoriano, donde se presentara una explicación detallada de cada aspecto económico que representa la incorporación del mercado a la organización eléctrica, de acuerdo a estudios previos de libros y fuentes secundarias como lo son artículos académicos en relación con los servicios complementarios establecidos en otros países.

La metodología la propuesta, establece los criterios adecuados para la introducción de un mercado de servicios complementarios dentro del sector eléctrico ecuatoriano, el cual consiste en un análisis documental explícito de los beneficios económicos que implica incorporar un mercado en el sistema eléctrico ecuatoriano.

Se tomó en cuenta los diferentes aspectos:

- Investigación de la estructura de económica de los mercados de servicios complementarios en países que cuentan con una estructura ya establecida.
- Investigación de los aspectos comerciales del sistema ecuatoriano
- Identificación de los beneficios económicos de los posibles servicios complementarios necesarios para el sector eléctrico ecuatoriano.
- Planteamiento de modelo de mercado de servicios eléctricos para el sistema eléctrico ecuatoriano

2.1 Análisis económico del despliegue de mercados de servicios complementarios en países con mercados ya estructurados

Los servicios complementarios en varios países, están inmersos en una industria con características de monopolio natural, por lo cual el acceso a la información es muy difícil. El sistema eléctrico mundial ha experimentado cambios drásticos en los últimos años, creando un mercado de servicios complementarios a través de fuertes inversiones de capital basados en una planificación prospectivas, con el objetivo final de lograr un mejor desempeño en seguridad y calidad del sistema eléctrico.

Teniendo en cuenta este criterio se analizara la estructura de los mercados de servicios complementarios de los siguientes países: Estados Unidos (Estado de California), Italia, Francia, Países Nórdicos, Reino Unido, Australia, España y México.

2.1.1 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en Estados Unidos.

En sistema eléctrico de Estados Unidos, cuenta con varios servicios complementarios, como se puede ver en la Tabla 2, se muestra los servicios que cuentan con asignación y remuneración dentro del mercado estadounidense.

Tabla 2. Servicios complementarios en Estados Unidos

Servicios complementarios en Estados Unidos que se ofrecen:
Regulación de Frecuencia
Control de Voltaje
Capacidad de Reserva
Disposición de partida autónoma
Liquidación Económica

Para analizar el sistema de remuneración de los servicios complementarios en Estados Unidos, nos centraremos en el estado de California, donde existe un Operador de Sistema independiente para la gestión de los servicios.

El tema de remuneraciones y en la forma más global el aspecto económico, se puede observar diversos incentivos para la presentación de ofertas, que facilitan y contribuyen a que cada empresa y/o persona jurídica habilitada, proporcionen la disposición de respaldar la calidad y eficacia del servicio ofertado para el estado de California, Estados Unidos. [1]

Este mercado se caracteriza por el uso de un enfoque secuencial, que asegura un sistema óptimo de compra de cada servicio complementario, teniendo en cuenta las ofertas de menor a mayor, y de igual manera, considerando la capacidad total de cada servicio.

2.1.1.1 Mercado de Energía

El Mercado de energía equilibran las necesidades de los compradores y vendedores a través del monitoreo de las actividades realizadas en el mercado.

Existen dos tipos de mercado:

- Mercado del día en adelanto

El Mercado del día siguiente establece el mercado a plazo, estableciendo los precios por hora, de acuerdo a la operación del día siguiente, en base a la ejecución de ofertas de generación, demanda y operaciones bilaterales programadas. [3]

- Equilibrio de mercado en tiempo real

Analizan el volumen de las cantidades horarias de energía, en relación con las desviaciones de las porciones planificadas del día anterior, y los topes de precios marginales, se establecen en incrementos de cinco minutos según los datos establecido de operación en ese instante. [3]

Para ingresar al mercado, cada postor presenta una oferta, de manera que refleje el monto real o el valor de oferta establecida en Operación Internacional del Sistema Eléctrico Estadunidense.

Para comprender el tránsito de despachos diarios del sistema eléctrico estadounidense, se ha establecido el siguiente cronograma [3]:

- I. El periodo de reclasificación de incentivos ha finalizado con el programador y el software compatible con LMP en funcionamiento.
- II. Se anuncian los planes para el día siguiente.
- III. Se comienza la fase de oferta de mercado equilibrado, proporcionando plazas para los proveedores de servicios complementarios vuelvan a presentar ofertar para ocupar posiciones de mercado, no seleccionadas en el Day Ahead Market.
- IV. Al completar este proceso, finaliza el periodo de oferta de saldo y comienza el segundo compromiso. Este compromiso pasa por una reconfiguración con preferencias y disponibilidad, presentando una adecuada confiabilidad del sistema y minimización el arranque de la máquina.
- V. Finalmente, con la obligación de cumplir con los compromisos necesarios con base en análisis de pronósticos actualizado de carga y disponibilidad.

2.1.1.2 Resumen

El mercado de servicios complementarios en EE.UU se puede presentar como una estructura que consta de tres componentes: el mercado regulatorio, de respaldo sincrónico y de reserva asincrónica [3]. En esta estructura de mercado tenemos como el servicio

principal, la regulación de frecuencia, que para su obtención se ve que los mercados se optimizan de una manera más general para la distribución de energía, en cuanto a términos de pagos, las ofertas presentadas por los proveedores se ajustaran a la optimización general y la recuperación de los mismos, será por el desequilibrio del Real Time Market.

2.1.2 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en Italia

La estructura italiana cuenta con el Operador de Mercado GME, el cual tiene como objetivo el control de las siguientes actividades [3]:

- Mercado a plazo
- Mercado de Subastas diarias
- Mercado de Subastas Intradía

2.1.2.1 Estructura del Mercado Eléctrico Italiano

Considerando la Figura 2.1, en lo que respecta a la estructura del esquema italiano, se basa en Mercado Spot, Mercado a Plazo y Contratos financieros,

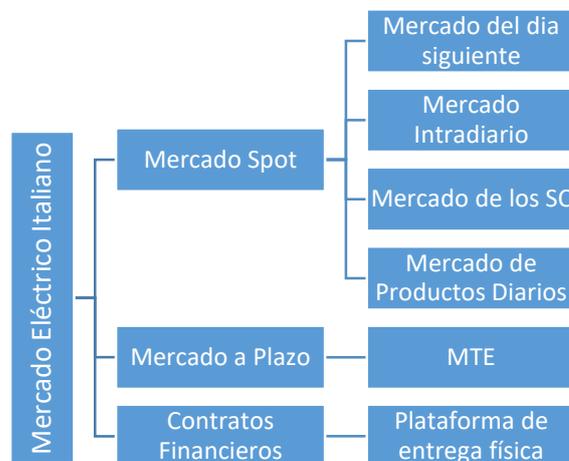


Figura 2.1 Estructura del Mercado Eléctrico Italiano [3].

2.1.2.1.1 Mercado Spot

En esta etapa de la estructura, el Operador del Mercado, determina el precio de mercado mirando las ofertas ordenadas de los proveedores, se ordenan de forma ascendente para el productor y decreciente para el consumidor.

En esta zona, la oferta y la demanda están sujetas al control geográfico italiano y se cotizan al precio uniforme nacional, que es el precio medio de las zonas geográficas, calculando

en función de la cantidad comprada en las regiones establecidas por el sistema eléctrico italiano.

2.1.2.1.2 Mercado a Plazo

El mercado es responsable de los contratos a largo plazo, como los contratos de electricidad, las obligaciones de suministro y los cortes de energía. [3]

2.1.2.2 Resumen

Es un mercado que presentan una estructura bien conformada, el sistema eléctrico italiano, cuenta con participantes que proporcionan ofertas con una plantilla de precios con costos incluidos, que permiten al Operador del mercado, seleccionar ofertas en función de criterios de valor económico, reduciendo los costos a niveles mínimos y priorizando la necesidad de operar el sistema eléctrico más adelante.

Después de aceptar las ofertas, el Operador renumera el servicio de acuerdo con el precio ofrecido, y el costo de los servicios complementarios corren a cargo del usuario final.

2.1.3 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en Francia

El sistema eléctrico francés, cuenta con 116 GW de producción y de igual manera, sus centrales generan un total de 550 TWh, de los que el 78 %, procede de centrales nucleares de la red francesa, permitiendo a través de las nuevas reformas del mercado, establecer un sistema totalmente abierto.

Cada servicio complementario que se encuentra en el sistema eléctrico francés se puede visualizar en el Tabla 3.

Tabla 3. Servicios complementarios en Francia

Servicios complementarios en Francia que se ofrecen:
Regulación de Frecuencia y Control de Voltaje
Capacidad de Reserva y Disposición de partida autónoma
Liquidación Económica y Criterios de estabilidad

Para la remuneración de cada servicio complementario en el sistema eléctrico francés, prevalece el análisis de las capacidades totales de servicio complementario suministrado, lo que permite una remuneración basada en capacidades reales de la provisión de la empresa encargada, cumpliendo con los parámetros establecidos por el ente a cargo del control del abastecimiento del servicio eléctrico, planteando que la provisión real debe tener un valor equitativo al teórico, de lo contrario se presentara las debidas penalidades al productor por alteración de parámetros. [1]

2.1.4 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios de los Países Nórdicos

El sistema eléctrico de los Países Nórdicos cuenta con una capacidad de 90 GW, siendo su principal proveedor, las centrales hidráulicas con un total de 46 GW, a continuación, les sigue las centrales térmicas con un total de 23 GW, en tercer lugar, tenemos a las centrales nucleares con 12 GW y por ultimo con un total de 8 GW las centrales que proporcionan energía renovable. [8]

El mercado de servicios complementarios en los Países Nórdicos, es el mercado eléctrico que presenta un diseño de mercado ideal, presentando como principales características una estructura empresarial realmente atomizada, de igual manera, presenta un mix de generación variado, el cual prevalece la abundante generación hidráulica regulable [8].

En base a una capacidad de interconexión adecuada con países próximos, las regulaciones entre distintos gobiernos se han armonizado, permitiendo un mercado eficiente y con condiciones favorables.

Como se puede observar en la Tabla 4, se presenta los servicios complementarios que cuenta el mercado eléctrico de los Países Nórdicos

Tabla 4. Servicios complementarios en Países Nórdicos

Servicios complementarios en Países Nórdicos que se ofrecen:
Regulación de Frecuencia (Primaria y Secundaria)
Control de Voltaje y Capacidad de Reserva
Disposición de partida autónoma
Liquidación Económica

El mercado de servicios complementarios en los países nórdicos se plantea en un escenario secundario, esto debido a que prevalece en mercado spot, pero con un mismo sistema de ofertas, en lo que respecta a aspectos económicos, las tarifas son establecidas por el ente regulador, con acuerdos bilaterales que presentan huecos estructurales, siendo así que al momento de ser remunerados se basen en la capacidad ofrecida y el uso de cada servicio prestado. [1]

A través de códigos de red, establecidos por el sistema eléctrico de Noruega, Suecia, Finlandia y Dinamarca, se presenta un régimen de cierta obligatoriedad para suministrar un mercado capas de proveerles cada servicio requerido, mostrando una inusitada madurez, en lo que respecta a reguladores y consumidores.

2.1.5 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios del Reino Unido

El mercado de servicios complementarios del sistema eléctrico del Reino Unido, permite analizar que si un sistema con bases fuertemente ya establecidas, de igual manera como en los casos anteriores, en la Tabla 5, se muestra cada servicio complementario existente en el mercado del Reino Unido.

Tabla 5. Servicios complementarios en Reino Unido

Servicios complementarios en Reino Unido que se ofrecen:
Regulación de Frecuencia
Control de Voltaje y Capacidad de Reserva
Disposición de partida autónoma
Liquidación Económica

En el Reino Unido, centralizado en un análisis de los sistemas inglés y gales, a través del ente encargado de operar cada servicio complementario, se establece un mercado en donde prevalece la búsqueda de proveedores que presenten preforma más económica, como de igual manera encargado de no monopolizar el sistema, dando paso a que para cada servicio complementario tenga diferente proveedor.

En lo que respecta al aspecto económico, en el sistema presentado se establece leyes que permiten enfocar el sistema de remuneración en la cantidad y calidad de cada servicio proporcionado, con lo cual se establece una tarifa única a todas las empresas dentro del mercado, manejando contratos bilaterales y limitaciones competitivas, han presentado un sistema equilibrado con costos reales. [1]

El mercado de servicios complementarios en el Reino Unido, propone un mercado que asegura la estabilidad de la red eléctrica, con un enfoque primordial de las energías renovables, dicho modelo de mercado establece un sistema que, a través de subastas, se proporciona contratos a los proveedores con tecnologías y estructura, capaces de garantizar la generación de energía de tal manera el operador maneje la demanda energética de forma estable.

2.1.6 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en Australia.

El mercado australiano, cuenta con un mercado de servicios complementarios con una estructura adecuada para manejar múltiples servicios, tal igual, como se muestra en la figura 6, cuenta con diferentes servicios complementarios que permiten al sistema eléctrico con un alto margen de confiabilidad.

Tabla 6. Servicios complementarios en Australia

Servicios complementarios en Países Nórdicos que se ofrecen:
Regulación Primaria y Secundaria frecuencia
Control de Voltaje
Disposición de partida autónoma
Liquidación Económica
Carga y Descarga Rápida de Generadores

En el sistema eléctricos australiano, se presenta un operador líder, capaz de maniobrar el mercado de servicios, contando con la función de proveer de manera digna cada servicio, asegurando la optimización y despacho conjunto.

El mercado se establece por grandes consumidores, que a través de contratos bilaterales con generadores forman la red del mercado, con la oferta a través de una licitación anual, el mercado conoce el consumo y remuneración total de cada servicio complementario. [1]

2.1.7 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en España.

2.1.7.1 Análisis de la estructura actual del Mercado de Servicios Complementarios en el sistema eléctrico español.

La estructura del mercado, se fundamenta en la separación de funciones entre el operador del mercado y el operador del sistema, esto se muestra en la Figura 2.2.



Figura 2.2 Estructura del sistema eléctrico español. [9]

Con un mercado que presenta sistemas complementarios obligatorios y no obligatorios, el aspecto económico se presenta a través de un operador de mercado encargado de realizar la remuneración de cada servicio en base a un precio marginal de cada uno, de igual manera, estará a cargo de finalizar los temas económicos generados por las subastas que se hayan presentado.

Como se puede observar en la Tabla 7, el sistema eléctrico español cuenta con una variedad de servicios complementarios, que permiten mantener al sistema eléctrico con un margen alto de confiabilidad.

Tabla 7. Servicios complementarios en España

Servicios complementarios en España que se ofrecen:
Regulación de Frecuencia (Primaria y Secundaria)
Control de Voltaje
Disposición de partida autónoma
Liquidación Económica

El operador analizara la potencia y energía reactiva de igual manera para la remuneración de las ofertas aprobadas, tomando en cuenta que, si el resultado de la potencia reactiva estudiada es producido por los generadores, en lo que respecta a servicios complementarios no obligatorios.

El mercado eléctrico español se basa en factores [1]:

- Mercado diario (MD).
- Gestionar o vender para solucionar los problemas cotidianos del mercado.
- Mercados intradiarios y complementarios.

Cada componente esta controlado por el Operador del Mercado, que gestiona los criterios económicos de elegibilidad, que, junto con el Operador del Sistema, establece las condiciones de seguridad para el cumplimiento del sistema de calidad de la energía eléctrica de España, armonizando los criterios económicos de los técnicos. [1]

2.1.8 Análisis estructural del esquema de los Servicios Complementarios establecidos en México

El mercado de servicios complementarios en el sistema eléctrico mexicano, a diferencia de otros países en América Latina, presenta una problemática en lo que se refiere a la apertura apropiada de la liberación y globalización del mercado.

El monopolio implantado por parte del sistema eléctrico no permite a los proveedores desarrollar e invertir en el mercado público, surgiendo una necesidad de que el sector eléctrico pase por un proceso de regulación de los mercados, dando así una posición nueva al operador dominante del monopolio presente en el sistema mexicano.

La provisión de los servicios complementarios se genera de forma totalmente desordenada, con un sistema que genera un sobrecosto, la Tabla 8, nos permite identificar los servicios más resaltantes del sistema eléctrico mexicano.

Tabla 8. Servicios complementarios en México.

Servicios complementarios en España que se ofrecen:
Regulación de Frecuencia (Primaria y Secundaria)
Control de Voltaje
Capacidad de Reserva
Disposición de partida autónoma

2.2 Aspectos comerciales del sistema eléctrico ecuatoriano, que permiten visualizar los beneficios económicos que presentarán los servicios complementarios para una propuesta de implementación de mercado.

El tratamiento de una implementación de un mercado dependerá del grado de apertura que el sistema eléctrico lo permita, como se analizó anteriormente en los países que cuentan con un mercado, se cuenta con un esquema totalmente abierto, con una variedad de proveedores, planteando un ambiente favorecedor a proveedores privados.

Al analizar las características generales de los mercados analizados, se distingue la gestión del operador asignado para gestionar el mercado de servicios, ya que tanto la gestión de la parte técnica como la del aspecto económico y los ingresos dependerán únicamente del operador con estructura legal, siendo necesario crear los controles necesarios para cumplir con las normas pertinentes para la prestación de servicios, sujetos a control a través de sanciones económicas contra todas las entidades que violen el plan establecido por el operador.

Según el art. 49 de la LOSPEE, ha determinado que la compra y venta de energía eléctrica se realicen en forma contractual con participantes directamente involucrados en el sector eléctrico y que los convenios de corto plazo sean finiquitados por el Operador Eléctrico Nacional, (CENACE), de conformidad de la ley. [10]

El Operador Eléctrico Nacional, además de varias tareas, cumple con el papel de determinar los montos a cobrar y pagar a cada miembro que participe en el entorno mayorista del sector eléctrico.

La Tabla 9, proporciona una descripción general de las transacciones comerciales que se presentan por bloques de energía.

Tabla 9. Contratos Regulados y no Regulados

Transacciones comerciales a través de bloques de energía consideradas en:	
Contratos regulados	Son acuerdos con empresas distribuidoras para la compra-venta de energía eléctrica apoyada por generadores o auto generadores en base a demanda regulada, en los que se establece que cada empresa pública y privada liquidara con base en los precios especificados en los acuerdos regulados. [11]
Contratos no regulados	También conocidos como contratos bilaterales, son contratos especiales de compra y venta de energía eléctrica vinculados a generadores privados o centrales de autogeneración con demanda no regulada. [11]

Los generadores con contratos regulados cuentan con una evaluación económica de producción, la cual se define como los costos fijos y variables de producción, evaluados de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Cargo fijo: se crea como una liquidación independiente, de acuerdo a que, si el generador es enviado por el CENACE, siempre que esté disponible, según determine el estudio tarifario de la agencia de Regulación y control de Energías No Renovables y Recurso Naturales.
- b) Cargo variable: son costos variables de producción, que se liquidan a través de la producción de energía eléctrica medida.

La ley de Servicios Públicos de Energía eléctrica, junto con el reglamento vigente emitido por la agencia de Regulación y Control de Energías No Renovables y Recurso Naturales, es la encargada de establecer a cada participante en la regulación de un sector eléctrico con un mercado mayorista. [11]

Considerando la Figura 2.3, se puede visualizar el esquema transaccional que se presenta en el sector eléctrico.

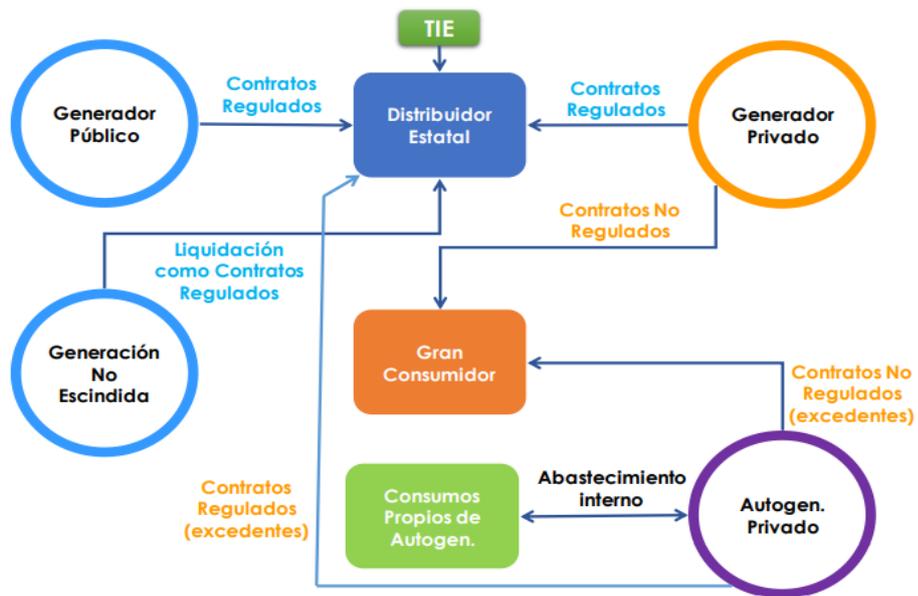


Figura 2.3 Esquema de participación transaccional. [12]

2.3 Transacciones comerciales de los productores y demanda

Considerando en la Figura 2.4, muestra que el sector energético aclaró 751,9 millones de dólares en 2020, de igual manera en la Figura 2.5, del lado de la demanda corresponde a la generación, destacándose los contratos regulados con un 58,38% del valor total, seguido de los servicios complementarios, tarifa fija de transmisión y generación eléctrica no registrada. [12]

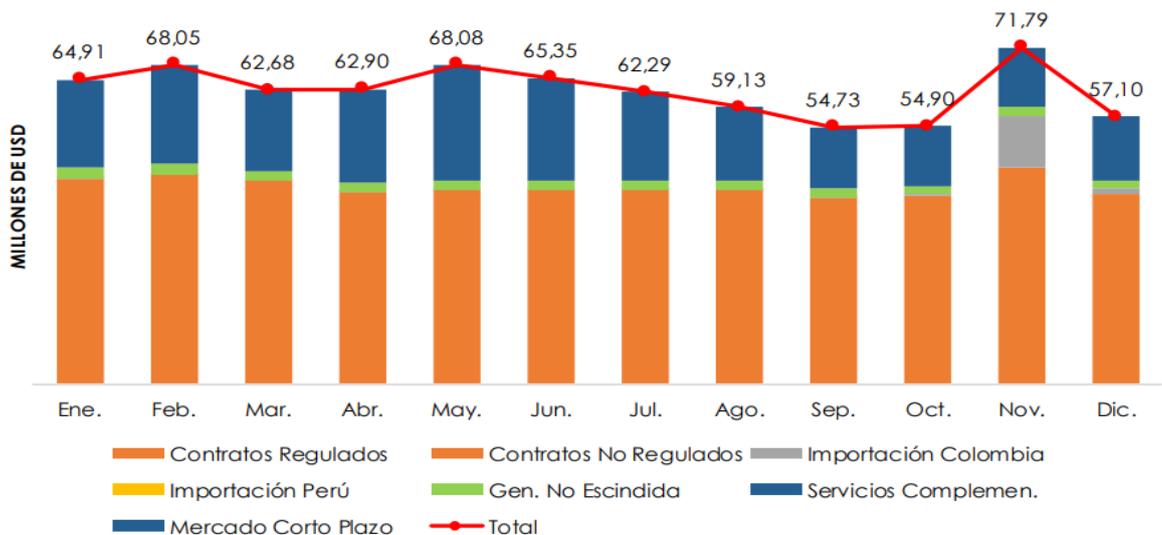


Figura 2.4 Convenio mercantil de los productos en millones de dólares, 2020. [12]

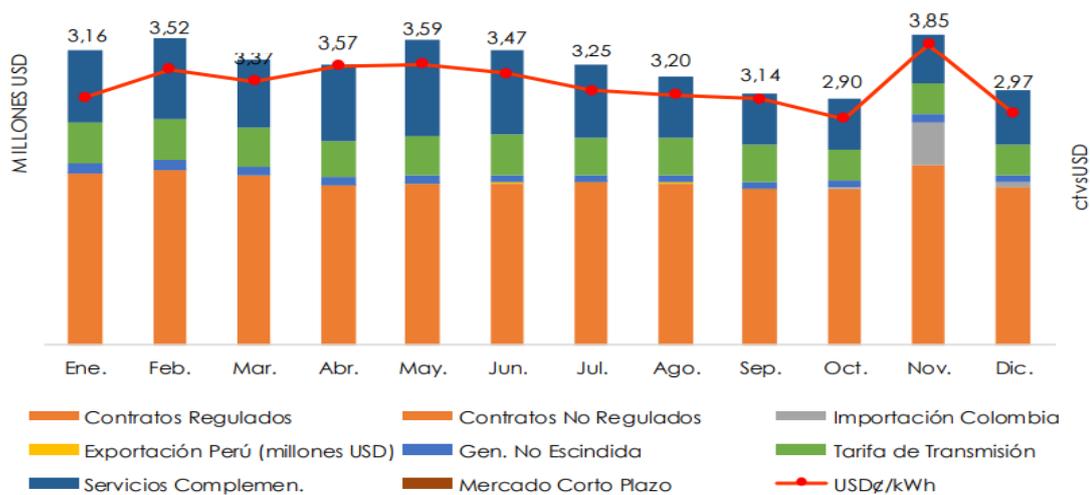


Figura 2.5 Convenio mercantil de la demanda en millones de dólares,2020. [12]

Teniendo en cuenta que los servicios complementarios, en energía vendida en mercados temporales, generación no convencional, IVA a los combustibles, regulación de la frecuencia primaria y cierre del mercado, el sector eléctrico finiquito el concepto por 209,74 millones.

2.4 Estudio de servicios complementarios existentes en el sector eléctrico ecuatoriano

2.4.1 Regulación primaria de frecuencia

La regulación primaria de frecuencia, a través de los reguladores de velocidad que cuentan los equipos generadores de energía, tienen como objetivo la corrección automática de los desequilibrios instantáneos que se producen entre la generación y el consumo. [9]

La regulación primaria de frecuencia en el sector eléctrico ecuatoriano como el sector eléctrico colombiano no cuentan con una remuneración económica, solamente cuenta con condicionantes de operación en lo que respecta a plantas de generación, dichas condiciones técnicas de operación establecen que el generador que cumple con un contrato bilateral, deben ser reguladas respectivamente por sistema eléctrico correspondiente.

El operador del sistema determina la reserva para la regulación primaria de frecuencia, esto a través de cálculos que permitan establecer una frecuencia que no traspase la banda establecida por el sector eléctrico ecuatoriano, logrando así enfrentar desvíos instantáneos

de demanda y eventos como lo es el estatismo de las plantas de generación despachadas. [13]

La remuneración de la regulación primaria de frecuencia teniendo en cuenta que para el trabajo realizado se presenta como un servicio complementario para la implementación de un mercado de servicios en el sistema eléctrico ecuatoriano se planteara que cada agente consumidor que sustraiga energía eléctrica debe ser remunerado en forma proporcional a su demanda.

2.4.2 Regulación Secundaria de Frecuencia

La Regulación Secundaria de Frecuencia, permite el mantenimiento del equilibrio entre generación-consumo, permitiendo al operador corregir los desvíos respecto a los programas establecidos por la interconexión entre Colombia y Ecuador. Este servicio de regulación se presenta al operador del sistema como un servicio de carácter potestativo.

En lo que respecta al servicio complementario de regulación secundaria de frecuencia, hablaremos directamente con el sistema interconectado de corriente alterna, debido a que para que el servicio esté presente en el sistema, se cuenta con un Control Automático de Generación, permitiendo del operador del sistema controle los eventos de variación de frecuencia que se presentan después de realizar a regulación primaria de frecuencia, dejando así que el operador del sistema examine las desviaciones de potencia programadas que se establecen hora a hora a través del enlace internacional. [13]

Para establecer un valor tanto para la regulación primaria como para la regulación secundaria, dependerá de las siguientes características [13]:

- Del Sistema Eléctrico
- Plantas de Generación
- De la Demanda
- Topología de la red
- Cálculo de las transferencias horarias de potencia (Importación)
- Cálculo de las transferencias horarias de potencia (Exportación)

2.4.3 Cargo por Potencia

La energía eléctrica mantiene constantes cambios, lo que conlleva a estar en constante análisis para así realizar los ajustes correspondientes, esto debido a que la energía eléctrica no es un bien almacenable. La capacidad de potencia debe cumplir con el objetivo de ser capaz de abastecer en tiempos donde la máxima demanda se presente, y de ser necesario constar con una reserva de energía para cumplir con los requerimientos técnicos del sistema eléctrico.

La reserva de potencia se establece en el periodo de noviembre a febrero, teniendo en cuenta el escenario hidrológico correspondiente a un año seco, una vez establecido el escenario para la reserva de energía, se considera que plantas de despacho son programadas para el periodo de análisis, respetando el orden de mérito de acuerdo a sus costos variables de producción, hasta cubrir el valor de la demanda máxima del periodo de la simulación. [13]

Tomando en cuenta que, si existe presencia de contratos bilaterales entre agentes externos, el valor calculado con el que se remunera por la capacidad instalada en el Mercado Eléctrico Ecuatoriano, con respecto a la reserva de potencia, se debe aplicar una remuneración en partes iguales para cada planta de generación del sistema eléctrico del ecuatoriano, como de igual manera, a los generadores del sistema eléctrico aliado a través de los contratos bilaterales.

2.4.4 Rentas de congestión

La Renta de Congestión es la diferencia de precios de la energía eléctrica entre el área importadora y exportadora, en un mercado que se estructura a través de contratos acordados entre agentes de distintos mercados eléctricos. [13]

Las Rentas de Congestión son un servicio de utilidades económicas que se derivan de una transacción del entorno de electricidad y tienen una vinculación directa con la magnitud de la transacción y la diferencia de valores adecuados que están presentes en los mercados de importación y exportación. [14]

Según la normativa de las TIE, concertadas por los Reguladores, la energía que es adquirida del exterior debe ser liquidada por el mercado importador, siendo el precio del mercado interno, de igual manera, el mercado exportador reenumerada la energía a los productores al precio del mercado interno, de esta disimilitud en la valoración de la energía en lo que respecta a transacciones internacionales da paso a la renta de congestión.

La renta se presenta como un bien producido por la transacción, siendo repartido a través de criterios de eficiencia y equidad entre los mercados eléctricos, el pago de la energía se establece al precio marginal del nodo frontera del país importador, por ejemplo, se presenta el país importador como Ecuador y el país que vende la energía es Colombia, la energía importada se pagara al costo marginal del territorio ecuatoriano, siendo el cual asume los costos de agregados por perdidas de transmisión y costos asociados a las rentas de congestión.

2.4.5 Control de Voltaje

Teniendo en cuenta la evolución de estabilidad de voltaje, el punto de enfático del estudio de este servicio, va dirigido a la identificación de áreas críticas que presenten rangos de voltaje que no sean permitidos, esto debido a que involucran desequilibrios de potencia reactiva en el sistema. [15]

El Operador Nacional (CENACE), elabora estudios que permiten mantener las condiciones operativas del sistema en los rangos de voltaje permitidos, con lo cual se determinarían los límites correspondientes al factor de potencia de la carga aplicada en cada punto de conexión, estableciendo de tal manera que los generadores participantes en esta actividad entreguen reactivos hasta el 95%, siendo el límite de producción de potencia activa. Para mantener adecuadamente los niveles de voltaje establecidos en la norma correspondiente, el CENACE, tiene los compensadores sincrónicos para entregar potencia reactiva inductiva o capacitiva. [11]

2.4.5.1 Análisis de los beneficios económicos de la introducir un servicio complementario de control de voltaje con sistema BESS

El sistema eléctrico ecuatoriano cuenta con múltiples máquinas que utilizan que utilizan gas o vapor, para realizar un estudio de beneficios económicos para la implementación de un mercado, se abordara el tema del sistema BESS, para establecer temas de valores de operación y mantenimiento.

Tomando en cuenta que, en el SNI, el principal grupo de máquinas que realizan el control de voltaje es Gonzalo Cevallos de CELEC-EP, las cuales presentan un funcionamiento a de fuente que cuenta con combustibles fósiles, esta producción se establece en 145 MW y 20 MW. En la Tabla 10, se detalla los costos de operación y mantenimiento de estas centrales.

Tabla 10. Generación Bruta, valores analizados de operación y mantenimiento. [16]

Central	Tecnología	Potencia (MWh)	Valores de operación y mantenimiento (USD)
Grupo de máquinas Gonzalo Cevallos	Vapor 1 (FOIL)	2 135,808	8 299.813,36
	Vapor 2 (FOIL)	2 163,720	11 398.688,94
	Gas (DIESEL)	119,040	1 056.870,75
		Total	20 755.373,50

Como se puede visualizar el costo de operación y mantenimiento de 20 755.373, 50 USD, tomando que el costo de mantenimiento de la implementación del sistema BESS, aproximadamente es de 1,5 a 2,5 USD/ kWh, para un sistema de 4 000 MWh, se tendrá un aproximado de 10 000.000,00 USD para el sistema estudiado en la Tabla 10, en costos de mantenimiento representan totalmente un ahorro favorable para el sistema eléctrico ecuatoriano.

2.5 Estructuración para una propuesta de introducción de un mercado de servicios complementarios en el sistema eléctrico ecuatoriano, estableciendo como principal servicio la regulación de frecuencia

La estrategia del trabajo de titulación se concentra específicamente en la propuesta de la apreciación para la oferta, asignación, compensación y cobro de la reserva rotante destinada al servicio complementario de la regulación de frecuencia en el sistema eléctrico ecuatoriano, lo que genera un esquema de mercado competitivo sujeto a las normas regulativas del estado. [17]

2.5.1 Papel del estado

Para la adecuada formulación de una propuesta de introducción de un mercado de servicios complementarios sea adecuada, el papel del estado es fundamental, esto debido a que permite una estructura fuerte en base a la eficiencia económica que debe cumplir el

estado para que se pueda ejercer la remuneración de los servicios presentes en el mercado.

El estado debe estar presente en dos roles fundamentales para que el sistema presentado se permita ejercer, siendo el primer rol:

- Un rol normativo: el estado debe otorgar las concesiones eléctricas, derechos y requisitos de energía eléctrica necesarios para que las empresas ingresen al mercado a un precio eficiente, esto a través, de procesos que pasan por fiscalizaciones que aseguran el normal funcionamiento adecuado del mercado, eliminando así el monopolio del mercado y prevaleciendo la seguridad del suministro a corto y largo plazo de servicios complementarios en la red eléctrica ecuatoriana.
- Un rol empresarial: el estado a través de convenios, otorgará subsidios a las inversiones privadas, lo que permitirá la ejecución de proyectos necesarios para el país, a partir de inversiones de empresas privadas.

Tomando en cuenta en la propuesta de un mercado de servicios complementarios, debemos tener en claro que el ente encargado de actuar como operador y administrador comercial de nuestro sistema, es el Operador Nacional de Electricidad (CENACE), el Operador Nacional de Electricidad cumplirá con las principales funciones que permiten mantener el alto rango de confiabilidad que cuenta el S.N.I.

El Operador a través de un mínimo costo posible, maneja adecuadamente el abastecimiento de energía eléctrica, como se puede ver en la Figura 2.6, el Operador nacional es el portavoz técnico asignado al Ministerio de Energía Y Recursos Naturales no Renovables y el ente encargado de rendir cuentas de las transacciones internacionales de energía y las interconexiones necesarias para evitar eventuales perturbaciones que provoquen desabastecimientos de energía a las empresas y/o usuarios.

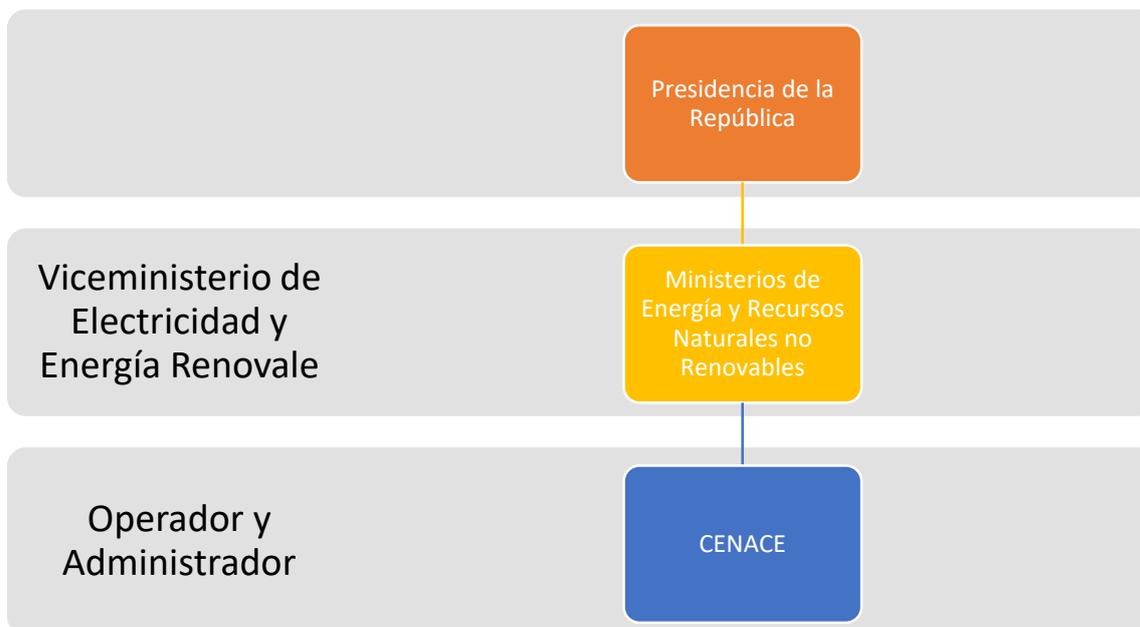


Figura 2.6 Relacionamiento del Operador Nacional de Electricidad

2.5.2 Disposiciones generales

La regulación de frecuencia es una actividad obligatoria de cada unidad de generación sujeto a compensación, considerándose como un servicio clave, el cual permite asegurar la operación estable y confiable de sistemas eléctricos de potencia en el estado ecuatoriano.

Para establecer un mercado que cumpla con todos los requerimientos se debe conseguir que cumpla que:

- El mercado de servicios complementarios asegura un equilibrio entre generación y la demanda.
- La frecuencia ecuatoriana se establece como la frecuencia de referencia.
- Se mantienen los compromisos de intercambio de energía con los territorios vecinos.
- La reserva potencia suficiente para cumplir con los requerimientos del sistema eléctrico ecuatoriano

Al analizar cada esquema del planteamiento y estructura de los mercados de servicios complementarios internacionales y de acuerdo al reglamento de despacho, el servicio complementario de regulación primaria de frecuencia tendrá una normalización de frecuencia rápida a no menor de 30 segundos, de igual manera se considera la regulación secundaria, el cual actúa de forma manual o automática encima de las modificaciones de

carga de un grupo predeterminado de máquinas, lo que permitirá mantener el equilibrio ante las constantes desviaciones presentes al despacho previsto.

Para establecer el despacho económico del mercado, se debe considerar los grupos de generadores habilitados para establecer el servicio de regulación de frecuencia, esto debido a que serán los indicativos del costo total, evaluados a través del cumplimiento de restricciones técnicas e inflexibilidades operativas.

Del despacho económico para lo que se refiere al servicio de regulación de frecuencia, no se tomarán condiciones mínimas de trabajo, esto debido a que cada grupo generador cumple con los factores técnicos adecuados para proveer el servicio.

Para el planteamiento del mercado se considerará como precio tope la fracción del precio de potencia, siendo este factor indicativo establecido por el ente regulatorio correspondiente en el estado ecuatoriano.

El operador del mercado debe verificar el desempeño y disponibilidad constantemente de las instalaciones del sistema eléctrico, analizando que todas las instalaciones hayan cumplido con la verificación de los recursos técnicos asociados a las instalaciones.

2.5.3 Calificación de unidades

Para la prestación del servicio de la normalización de la frecuencia se considera las unidades hidráulicas, eólicas y térmicas para la provisión del servicio, para la situación para el sector eléctrico planteado, una vez establecido este criterio, para que el servicio complementario de regulación de frecuencia se cumpla en excelentes condiciones se debe plantear el cumplimiento de las siguientes características técnicas:

- Las unidades de generación encargadas para establecer rangos de potencia regulante, deberán establecer un mando centralizado de velocidad con acción del tipo integral o proporcional integral, lo que permite actuar ante la presencia de desviación de frecuencia respecto a la referencia, es decir que la potencia proporcionada debe contar con una desviación de frecuencia a cero, esto a través de reguladores de velocidad automáticos que cumplan que el margen de reserva asignado para el servicio de normalización de la frecuencia.
- Una característica técnica en el esquema planteado, será la consideración de la presencia de un evento que genere un déficit de generación de la misma magnitud o incluso de mayor magnitud a la reserva asignada,

- Las unidades de generación encargadas de entregar el servicio deben contar con un gradiente de carga o descarga mínimo, siendo así equivalentes a la magnitud de la reserva asignada dividido entre 10 minutos.

2.5.4 Asignación del servicio

En lo que respecta a la regulación de frecuencia y todos los múltiples posibles servicios que se pueden aportar para el desarrollo del mercado, se debe plantear un esquema capaz de mantenerse tanto a corto como largo plazo, por lo cual el operador encargado debe cumplir con la responsabilidad de realizar las asignaciones correspondientes para proveer el servicio.

2.5.4.1 Asignación de corto plazo

El mercado a través de un esquema estructurado debe permitir cumplir con las necesidades de reserva para la regulación primaria de frecuencia en un horizonte diario.

El operador del mercado cuenta con una taza mínima de demandas locales, lo que permite centrar el mercado de corto plazo en ofertas que aborden el control de frecuencia.

2.5.4.2 Asignación de largo plazo

El operador encargado del funcionamiento del mercado establecerá un mercado base, en función de un mecanismo que establezca el testificamiento de compromisos de reserva para la regulación de primaria o secundaria de frecuencia, esto a través de periodos mensuales o anuales que permitan un proceso competitivo.

A través del mercado establecido, el operador examinará dos tipos de asignación para la selección del proveedor, el primero será asignado de acuerdo a la capacidad y el segundo tipo se establecerá por medio de contratos a largo plazo con precios acordados por las dos partes.

Para el segundo tipo de asignación el operador, aplicará diferentes mecanismos de concurso, para la asignación de contratos, dichos mecanismos serán aplicados a través de concurso de precios, licitaciones y subastas, con lo cual permiten un margen de protección ante una posible alza de precios, siendo esto un beneficio para los compradores, de igual manera.

Con la selección de contratos bilaterales a largo plazo entre distribuidoras, comercializadoras y un generador independiente, se da lugar a la meta de optimizar el despacho de todas las centrales del sistema.

Una vez establecido la asignación del servicio, cada proveedor presentara el ofrecimiento de margen de potencia para la regulación de frecuencia (Primaria y Secundaria), así como el precio que cumpla con sus metas y objetivos de los proveedores, basados en costos competentes que faculden la aceptación anual del servicio.

El Operador del mercado debe proveer que la demanda de los servicios complementarios no cambie de forma significativa, lo que permite al sistema establecer acuerdos a largo plazo, permitiendo establecer un acuerdo que permita exigir condiciones de participación en el mercado mayorista sin ninguna compensación explícita.

2.5.5 Penalizaciones por incumplimiento

El operador contara con percances por unidades de generación que no cumplan con los servicios adquiridos, por lo cual un sistema de penalización será el encargado de proporcionar la multa correspondiente al proveedor que no cumpla con el acuerdo del servicio vendido.

Una posible penalización que el operador debe analizar es que el participante del mercado de servicios complementarios que incumpla el servicio, pierda todos los pagos recibidos durante un periodo de tiempo asignado por el operador y de forma adicional dicha penalización será suficiente grande, lo que proporcionara un criterio adecuado para que los propietarios de las unidades de generación que no cuenten con la rentabilidad de mantener el servicio no presenten las ofertas correspondientes para el servicio, de igual manera, el operador considerara un reemplazo ocasional para cubrir el servicio necesitado por el sistema eléctrico.

Para este punto en especial se recurrirá a la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNR), en la Figura 2.7, se muestra que es el ente que cuenta con las atribuciones del estado, para elaborar los estudios y análisis económicos correspondientes para plantear una norma que permita regulaciones y acciones de control para proveedores que incumplan con la provisión del servicio complementario establecido en los contratos con el estado.

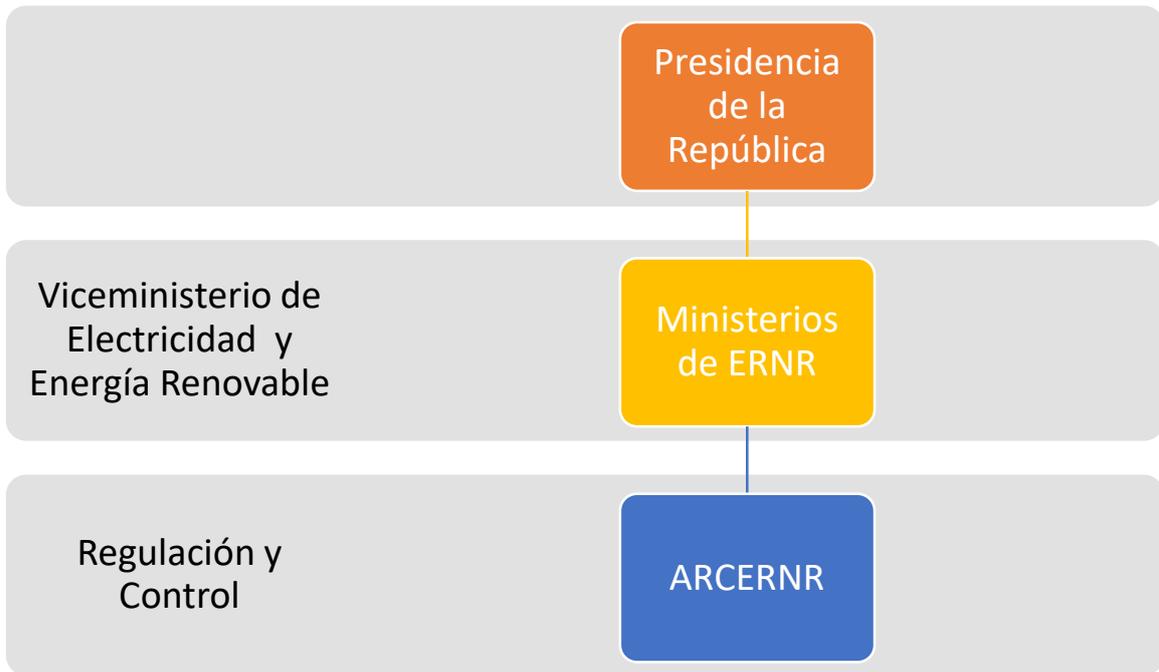


Figura 2.7 Relacionamiento de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recurso Naturales no Renovables (ARCERNR)

2.5.6 Liquidación económica

El mercado presentado dependerá fundamentalmente de la compensación que se dé a cada servicio complementario, para el caso general, los proveedores que brinden el servicio de regulación de frecuencia, deben contar con un reconocimiento económico, esto va ir de acuerdo a la reserva asignada que cuente la operación a través de las modificaciones que se presenten en tiempo real.

El operador del sistema evaluara los datos operativos del servicio complementario, de igual manera analizara el costo de oportunidad, el cual se explica la compensación de mantener la generación de energía y potencia constante en el sistema.

Los términos de liquidación a través de los análisis de los diferentes países que cuenta con una estructura de mercado de servicios complementarios, se presentan de la siguiente manera:

- **Tarifa de oportunidad por servicio complementario.** – El evaluó de la tarifa de oportunidad se determinará través de las consideraciones técnicas de las unidades de generación capaces de proporcionar en servicio de regulación en el periodo programado de funcionamiento. El costo de oportunidad será la diferencia del

beneficio neto que contribuya cada unidad a la programación de producción de energía.

Para determinar el costo de oportunidad, se debe dar un rango mínimo de operación, en otras palabras, se debe presentar un punto de funcionamiento inferior al necesitado para poder actuar con la regulación de frecuencia que permita cumplir con las regulaciones establecidas por las autoridades correspondientes.

Para la asignación de pagos se presenta la siguiente ecuación:

$$PT = PD + CR - PP$$

Ecuación 1.

Donde

- PT= Pago total
- PD= Pago por disponibilidad
- CR= Costo de reconciliaciones
- PP= Pago de penalidades

El Operador Nacional del sistema eléctrico, será el responsable de finiquitar todas las transacciones de corto plazo y largo plazo, determinando debidamente los valores que se deben abonar y percibir por parte de los diferentes proveedores, conforme se hayan establecido en los contratos regulados.

De igual manera el Operador Nacional, en lo que respecta a los contratos bilaterales, en conjunta con las partes suscriptoras, la liquidación de las transacciones se basara conforme a la información de la energía asignada establecida en el contrato, independientemente de todos los parámetros eléctricos de potencia y energía.

En resumen, el Operador Nacional, (CENACE), liquidara y facturara a los proveedores de los servicios complementarios en base a la normativa específica y la normativa supranacional que este ejerciendo en el sistema eléctrico ecuatoriano, en base a el pliego tarifario que resulte del estudio realizado a los registros del sistema de medición comercial establecido en la normativa del mercado. El Operador de igual manera elaborara un informe de todas las liquidaciones diarias y/o rubros que correspondan al mercado de servicios por medio de medios tecnológicos, que estén habilitados por la CENACE, siendo este informe puesto en conocimiento de PMSE, MERNNR y ARCERNNR.

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusiones

- En base a la revisión bibliográfica, este documento presenta un análisis de los mercados de servicios complementarios con mejores prácticas internacionales, los cuales muestran varios elementos en común, en donde que cada uno de sus mercados, dependen de la capacidad de los proveedores de suministrar los servicios, como de igual manera de la capacidad de despacho económico y remuneración del estado.
- Al haber realizado el análisis de los servicios complementarios presentes en el sistema eléctrico ecuatoriano, se concluyó que, para activar una propuesta adecuada para la correcta introducción de un mercado de servicios, es necesario una estructura que permita mejorar el aprovechamiento de los beneficios que puedan contribuir al ingreso de nuevos actores, en busca de mayor flexibilidad y confiabilidad del sistema.
- El futuro próximo de los servicios complementarios a través de los años han sufrido numerosos cambios en su estructura, la implementación de un mercado de servicios complementarios es una alternativa posible que permita brindar un mayor porcentaje de eficiencia al sistema eléctrico ecuatoriano.
- Los mercados eléctricos que cuentan los diferentes países referentes, plantean que la implementación de un mercado de servicios complementarios en el sistema ecuatoriano es una alternativa necesaria, debido a que permite brindar señales económicas adecuadas con un mínimo costo presente en el suministro del servicio eléctrico.
- Como se ha podido observar, ante la investigación de las experiencias internacionales con respecto a la asignación de servicios, el manejo de contratos bilaterales entre agentes involucrados en el mercado, disminuye el riesgo de la inflación de precios de los servicios, siendo importante poner reglas que permitan la transparencia en el mercado propuesto.
- En este documento se ha propuesto una base simple de cómo manejar la propuesta para la introducción de un mercado de servicios complementarios en la organización de generación y distribución de energía en el estado ecuatoriano, presentando como primordial sistema los contratos bilaterales como un sistema regulante de adquisición y comercio de energía.

3.2 Recomendaciones

- El modelo reducido de una propuesta de introducción de un mercado de servicios complementarios presentado en este trabajo de integración curricular, puede ser aplicado como base para un modelo más concreto del sistema que necesita el sistema ecuatoriano para generar incentivos suficientes para generar un mercado capaz de incorporar varios servicios necesarios para mejorar el diseño del modelo presentado.
- Un estudio económico en base a este trabajo, permitirá el desarrollo de un proyecto para análisis de la una propuesta de implementación de nuevos servicios complementarios en el sistema eléctrico ecuatoriano, siendo como base del estudio de proyectos que puedan brindar un balance económico y técnico para instalar nuevos servicios que permitan mantener un rango alto de confiabilidad en las redes eléctricas.
- Se podría realizar un estudio sobre la factibilidad económica de una mejor propuesta, con el planteamiento adecuado para la introducción de nuevos servicios complementarios en el sistema ecuatoriano en base al impacto ambiental que pueda presentarse al analizar posibles proyectos dentro del país.
- Si se desea tener una mayor noción del mercado de servicios complementarios presentes en diferentes países, se debe realizar un análisis más específico, esto debido a que el sistema eléctrico ecuatoriano permite una implementación de nuevos servicios existentes en otros países.
- Tomando en cuenta que la propuesta presentada para implementación de un mercado en el sistema eléctrico ecuatoriano, se debe profundizar de mejor manera, lo que permite que se dé una continuación de un estudio de las reglas necesarias para generar una transparencia en el mercado que cumpla con la estructura moldeable para la red eléctrica ecuatoriana.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Tragear, «PROBLEMÁTICA DE LOS SERVICIOS COMPLEMENTARIOS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO», Centro de Investigación y Docencia Económica, AC, México, D.F., 2007.
- [2] G. Salazar, «TARIFACIÓN ÓPTIMA DE SERVICIOS DE TRANSMISIÓN EN UN MERCADO COMPETITIVO DE ENERGÍA PARTE I: ELIMINACIÓN DE CARGOS POR CONGESTIÓN Y PÉRDIDAS», *re*, vol. 2, n.º 1, ene. 2006, doi: 10.37116/revistaenergia.v2.n1.2006.300.
- [3] A. P. V. Silva, I. H. C. Pavez, R. A. M. Vieyra, y R. P. Behnke, «REVISIÓN DE LOS MECANISMOS DE REMUNERACIÓN DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS ANTE ALTA PENETRACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE DE FUENTE VARIABLE EN EL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL.», Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2018.
- [4] J. C. P. Achig, «SERVICIOS COMPLEMENTARIOS EN LA ADMINISTRACIÓN TÉCNICO - COMERCIAL DEL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA», Escuela Politécnica Nacional, QUITO, 2001. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5598>
- [5] A. Levy, D. Messina, y R. Contreras, «DEFINICIONES DEL SECTOR ELÉCTRICO PARA LA INCORPORACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES VARIABLES Y LA INTEGRACIÓN REGIONAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE». Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.
- [6] R. A. J. Besoain, «METODOLOGÍA DE OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE ENERGÍA Y SERVICIOS COMPLEMENTARIOS PARA EL DESPACHO ECONÓMICO», Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 2003.
- [7] P. Builes y C. Mario, «DISEÑO DE ESQUEMA DE ASIGNACIÓN Y REMUNERACIÓN DEL SERVICIO DE REGULACIÓN SECUNDARIA DE FRECUENCIA (AGC) PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN LA FORMACIÓN DEL PRECIO DE ELECTRICIDAD EN COLOMBIA», Universidad EAFIT, Medellín, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10784/11998>
- [8] J. I. P. Arriaga, C. Batlle, y C. Vázquez, *ENERGÍA: DEL MONOPOLIO AL MERCADO*, vol. 1. Madrid: Thomson-Aranzadi, 2006. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11531/7473>
- [9] A. Carbajo, «LOS MERCADOS ELÉCTRICOS Y LOS SERVICIOS DE AJUSTE DEL SISTEMA», *Economía industrial*, ISSN 0422-2784, N° 364, 2007 (*Ejemplar dedicado a: Ajustes regulatorios en el sector eléctrico español*), pags. 55-62, pp. 55-62, ene. 2007.
- [10] CONELEC, «REGULACION-NO.-CONELEC-004-01», CONELEC, Ecuador, Regulación sobre la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución 004-02, may 2001.
- [11] ARCERNNR, «REGULACIÓN NRO. ARCERNNR - 024/2020», AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS RENOVABLES NATURALES NO RENOVABLES, Ecuador, 024/2020, nov. 2020.
- [12] CENACE, «INFORME-ANUAL-CENACE-2021», CENACE, Ecuador, INFORME ANUAL, mar. 2022.
- [13] V. Flores, «PROPUESTA PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGOS COMPLEMENTARIOS PARA LOS CONTRATOS BILATERALES DE ELECTRICIDAD ENTRE COLOMBIA Y ECUADOR», *re*, vol. 1, n.º 1, ene. 2005, doi: 10.37116/revistaenergia.v1.n1.2005.283.

- [14]G. Salazar y G. Argüello, «RENTAS DE CONGESTIÓN EN LAS TRANSACCIONES INTERNACIONALES DE ELECTRICIDAD; ANÁLISIS PARA LAS TRANSACCIONES ECUADOR – COLOMBIA», *re*, vol. 3, n.º 1, ene. 2007, doi: 10.37116/revistaenergia.v3.n1.2007.270.
- [15]L. Bonilla, D. Echeverría, y J. Cepeda, «METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR ÁREAS DE CONTROL DE VOLTAJE EN UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA APLICANDO SIMULACIÓN MONTE CARLO», *re*, vol. 14, n.º 1, p. 8.
- [16]G. CENACE, «Datos aportados por la Gerencia Nacional de Planeamiento Operativo». QUITO: GPL CENACE, 2021.
- [17]E. C. S. Hinostroza, «LA REGULACION SECUNDARIA DE FRECUENCIA COMO COMPETENCIA EN EL MERCADO ELECTRICO PERUANO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS», p. 219.