

REVISIÓN A LA CONEXIÓN DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA
CLASE 1 A UN BARRAJE AIS SENCILLO DE 115 KV EN SUBESTACIONES DE LA
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER

CARLOS DAVID LEON RODRIGUEZ
JEFERSON YESID ARGUELLO CASTIBLANCO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2025

REVISIÓN A LA CONEXIÓN DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA
CLASE 1 A UN BARRAJE AIS SENCILLO DE 115 KV EN SUBESTACIONES DE LA
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER

CARLOS DAVID LEON RODRIGUEZ
JEFERSON YESID ARGUELLO CASTIBLANCO

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en sistemas de distribución de
energía

Directora:
Yulieth Jiménez Manjarres
Doctora en ingeniería

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2025

DEDICATORIA:

A mis padres, Gloria y Manuel, por ser mi pilar fundamental. Gracias por su amor incondicional, sus consejos sabios y su ejemplo constante de esfuerzo y dedicación. Sus sacrificios y apoyo han sido el motor que me impulsa a seguir adelante y superar cada obstáculo.

A mis hermanos, Belkiz y Edinson, por estar siempre a mi lado, brindándome su cariño, palabras de ánimo y su confianza en mí. Su compañía ha sido un recordatorio constante de que nunca estoy solo en este viaje.

A mis adoradas mascotas, Lana, Lulu, Mara y Mila, porque con su ternura y alegría han llenado mis días de luz, brindándome momentos de felicidad y consuelo en los momentos más desafiantes.

A mi mejor amigo Pedro y a mi novia Luz, por ser fuente de paz, inspiración y motivación cada vez que lo necesitaba.

A cada uno de ustedes, dedico este logro, con todo mi amor y gratitud eterna. Sin su presencia y apoyo, este sueño no habría sido posible.

Jeferson Arguello

A Dios, por darme la fortaleza para perseverar en este reto académico. A mi valiente madre Noelva Rodríguez. Este logro académico es el resultado de tu amor, tus palabras de aliento, tu perseverancia y tu ejemplo constante. Cada día que trabajaste incansablemente y cada vez que me brindaste tu cariño son tesoros que valoro profundamente. mi éxito académico es un reflejo de tu inquebrantable dedicación. Te amo con todo mi corazón y esta tesis es mi modesta forma de agradecerte por todo lo que has hecho por mí.

Carlos David León

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Empresa Electrificadora de Santander (ESSA) por brindarnos el apoyo necesario, el acceso a recursos y el conocimiento técnico que fueron esenciales para el desarrollo de este proyecto.

A mi compañero de proyecto, Carlos León, por su dedicación, trabajo en equipo y esfuerzo incansable durante cada etapa de este camino. Su compañerismo y colaboración han sido fundamentales para superar los retos y alcanzar este objetivo.

A mi directora, la doctora Yulieth Jiménez, por su guía, paciencia y valiosas orientaciones durante el desarrollo de este proyecto. Su experiencia no solo ha enriquecido este trabajo, sino que también ha contribuido en mi formación profesional. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser parte de este logro.

Jefferson Arguello

Mi sincero agradecimiento a mi directora, la doctora Yulieth Jiménez, quien ha sido una mentora y guía excepcional. Su sabiduría, conocimiento y compromiso fueron de gran aporte para la finalización de este proyecto.

Al área de Gestión Comercial de la Electrificadora de Santander por el conocimiento y apoyo transmitido durante la ejecución de estos proyectos, que en última fue fuente fundamental para la estructuración de este trabajo.

A mi compañero de proyecto, Jeferson Arguello, por el conocimiento transmitido, dedicación y su esfuerzo en la investigación.

Carlos David León

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS	19
2. MARCO CONCEPTUAL.....	21
2.1 DESCRIPCIÓN DE UN PROYECTO PCH.....	21
2.2 ACTIVOS DE CONEXIÓN DEL PROYECTO PCH.	22
2.3 REGULACIÓN COLOMBIANA APLICABLE A LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER PARA LA APROBACIÓN DE LA CONEXIÓN DE UN PROYECTO DE GENERACIÓN TIPO PCH CLASE 1.	23
3. RESULTADOS	25
3.1 ACTIVIDADES QUE DESARROLLAR POR LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER.	25
3.1.1 Suscripción de Contrato de Conexión.....	25
3.1.2 Entrega de planimetría de la subestación	26
3.1.3 Revisión en sitio para el dimensionamiento de la conexión	26
3.1.4 Recepción y Revisión de Ingeniería conceptual	26
3.1.5 Recepción y Revisión de Ingeniería Básica	26
3.1.6 Recepción y Revisión de Ingeniería de Detalle.....	27
3.1.7 Recepción y Revisión de Cronograma de montaje, pruebas y puesta en servicio de la conexión:	27

3.1.8	Realización de Reunión de Inicio para la entrega de Insumos para el desarrollo del EACP por parte del promotor.....	28
3.1.9	Reunión de inicio en Subestación para la ejecución de la obra.....	28
3.1.10	Recepción y revisión de la versión 1 del EACP (Estudio de Ajustes de Coordinación de Protecciones)	29
3.1.11	Recepción y Revisión de la versión definitiva del EACP (Estudio de Ajustes de Coordinación de Protecciones).....	29
3.1.12	Realización de visita a Subestación como acompañamiento durante la ejecución de las pruebas SAT y SAS, Funcionales 0,1 y 2.....	30
3.1.13	Recepción y Revisión de Señales SOE y SCADA (Formatos regulatorios)	30
3.1.14	Realización de visita a Subestación para la revisión del Montaje de Activos de Conexión	30
3.1.15	Realización de visita a Subestación para la legalización de la frontera de generación	30
3.1.16	Realización de visita a Subestación como acompañamiento durante la ejecución de pruebas de integración a la diferencial de barra, estabilidad de barra y pruebas End to End	31
3.1.17	Recepción y revisión de resultados de pruebas conjuntas.....	31
3.1.18	Emisión de certificado de aprobación a la conexión y capacidad de transporte asignada en el contrato de conexión.....	32
3.1.19	Recepción y revisión de toma de datos para informe de calidad de la potencia	32
3.1.20	Realización de visita a Subestación para la verificación de las pruebas de energización.....	33
3.1.21	Recepción de ingeniería definitiva para el comisionamiento del proyecto	33
3.1.22	Etapas de revisión de diseños.....	36
3.1.22.1	Revisión de Ingeniería Conceptual (1 etapa).....	36
3.1.22.2	Revisión de Ingeniería Básica (2 etapa)	37

3.1.22.3	Revisión de Ingeniería de Detalle (3 etapa).....	38
3.1.22.4	Revisión de EACP (Estudio de Ajustes de Coordinación de Protecciones) versión 1 y definitivo (4 etapa)	39
3.1.22.5	Revisión en Etapas de Pruebas (5 etapa)	40
3.1.23	Etapas de revisión de pruebas	41
3.1.23.1	Prueba de Protecciones (diferencial de barra 50 BF)	41
3.1.23.2	Pruebas individuales de relés de protección:.....	42
3.1.23.3	Pruebas de estabilidad de la barra	42
3.1.23.4	Pruebas END to END	42
3.1.23.5	Pruebas de integración de activos al SCADA.....	43
3.1.23.6	Pruebas Funcionales 0,1 y 2	43
3.1.23.7	Pruebas SAT y SAS	43
3.1.23.8	Pruebas para el cumplimiento de la CREG 038 del 2014:.....	44
3.1.24	Formato de aprobación a la conexión y certificado de cumplimiento de reglamentación vigente para la entrada en operación del proyecto y revisiones posteriores a la entrada en operación comercial del proyecto.	44
3.2	REQUISITOS DE ESSA HACIA EL PROMOTOR DEL PROYECTO:	45
3.2.1	Listado de entregables de ingenierías y memorias de cálculo para el comisionamiento del proyecto	45
3.2.2	Protocolos y formatos que entregar por el promotor a ESSA y CND según acuerdos CNO:	52
3.3	LÍNEA DE TIEMPO	53
4.	CONCLUSIONES.....	58
	BIBLIOGRAFÍA	60

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Contenido de la entrega de ingeniería conceptual	36
Tabla 2. Contenido de la entrega de ingeniería básica	37
Tabla 3. Contenido de la entrega de ingeniería de detalle	38
Tabla 4 Entregables en etapa de pruebas	40
Tabla 5 Entregables de ingenierías y memorias de calculo	45
Tabla 6 Línea de tiempo.....	54
Tabla 7 Actividades en la línea de tiempo.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1 Partes básicas de una PCH	22

GLOSARIO

- AIS (*AIR INSULATED SWITCHGEAR*): Equipos de maniobra y control de energía eléctrica que utilizan aire como medio de aislamiento.
- BARRAJE: Sistema de barras colectoras utilizado en subestaciones para distribuir energía eléctrica.
- CREG (COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS): Entidad colombiana encargada de regular el sector de energía y gas en el país.
- EACP (ESTUDIO DE AJUSTES DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES): Documento técnico que define los ajustes de los sistemas de protección eléctrica para garantizar la seguridad y estabilidad del sistema.
- ESSA (ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.): Operador de red eléctrica que presta servicio en el departamento de Santander, Colombia.
- PROMOTOR: Desarrollador y ejecutor en su etapa de diseño y construcción del proyecto de generación tipo PCH clase 1.
- FPO (FECHA DE PUESTA EN OPERACIÓN): Fecha prevista para que un proyecto entre en funcionamiento comercial.
- PCH (PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA): Central de generación hidroeléctrica con capacidad instalada entre 500 kW y 20 MW, diseñada para aprovechar pequeños flujos de agua con bajo impacto ambiental.

- SCADA (*SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION*): Sistema de supervisión, control y adquisición de datos para la operación de sistemas eléctricos.
- SIN (SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL): Red eléctrica que integra los sistemas de generación, transmisión y distribución de energía en Colombia.
- SAS (*SUBSTATION AUTOMATION SYSTEM*): Sistema de automatización de subestaciones que integra equipos de control, protección y comunicación.
- SAT (*SITE ACCEPTANCE TEST*): Pruebas realizadas en el sitio para verificar el correcto funcionamiento de los sistemas instalados antes de su puesta en operación.
- TC (TRANSFORMADOR DE CORRIENTE): Equipo que transforma la corriente eléctrica de alta magnitud a niveles manejables para medición y protección.
- UPME (UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO-ENERGÉTICA): Entidad encargada de la planeación del sector energético en Colombia.
- XM: Operador del mercado de energía mayorista en Colombia, responsable de la operación del sistema eléctrico y la administración del mercado eléctrico.
- 50 BF: Esquema de protección que incluye un relé de falla de interruptor. Este supervisa si un interruptor falla al abrirse después de una operación de protección.

- *END-TO-END*: Pruebas que evalúan la comunicación y coordinación entre dispositivos en los extremos de una línea de transmisión.
- FPO: Sigla que refiere a la fecha de puesta en operación, esta refiere a la fecha esperada en la que el proyecto iniciará su operación.
- COMTRADE (*COMMON FORMAT FOR TRANSIENT DATA EXCHANGE*): Formato estándar definido por la norma IEEE C37.111 utilizado para registrar, almacenar y compartir datos relacionados con eventos transitorios y mediciones en sistemas eléctricos. Incluye archivos de configuración (.CFG), datos (.DAT) y, opcionalmente, encabezados (.HDR) y esquemas (.INF). Este formato es fundamental para el análisis de fallas, pruebas de sistemas eléctricos y la interoperabilidad entre dispositivos y software de diferentes fabricantes, garantizando una evaluación eficiente y uniforme de los eventos eléctricos registrados.

RESUMEN

TITULO: REVISIÓN A LA CONEXIÓN DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CLASE 1 A UN BARRAJE AIS SENCILLO DE 115 KV EN SUBESTACIONES DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER*

AUTOR: CARLOS DAVID LEON RODRIGUEZ, JEFERSON YESID ARGUELLO CASTIBLANCO.

PALABRES CLAVE: CONEXIÓN PCH, REGULACIÓN, LINEA DE TIEMPO, ETAPAS, ESTUDIO DE AJUSTE Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES, SCADA, PEQUEÑA CENTRAL HIDROELECTRICA

DESCRIPCIÓN:

. En el departamento de Santander con su abundancia hídrica se observa como los promotores de proyectos presentan y obtienen aprobaciones para sus iniciativas de generación mediante pequeñas centrales hidroeléctricas, siendo el papel de la Electrificadora de Santander, apalancar los nuevos procesos requeridos para la conexión de estas al sistema, enfrentándose al reto de realizarlos de manera rápida y eficiente, aplicando toda la regulación pertinente, asegurando una conexión segura y que responda al propósito de diversificar la matriz energética y mejorar la confiabilidad del servicio.

En esta monografía se plasma una recopilación nuestra experiencia en la Electrificadora de Santander, ante la entrada de este tipo de proyectos, presentando un trabajo donde se muestra de forma organizada la regulación y los procesos que se aplican en los procesos de conexión de estos proyectos, abordado desde la perspectiva del operador de red, obteniendo como resultado una guía que se condensa al final en una línea de tiempo que permite un acompañamiento paso a paso de cada actividad hasta la culminación del proceso de conexión contribuyendo así a los procesos que se generen en otros operadores de red que se enfrenten a estos procesos que pueden resultar nuevos y desafiantes.

SUMMARY

TITLE: REVIEW OF THE CONNECTION OF A CLASS 1 SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANT TO A SIMPLE 115 KV AIS BUSBAR IN SUBSTATIONS OF ELECTRIFICADORA DE SANTANDER*

AUTHORS: CARLOS DAVID LEÓN RODRÍGUEZ, JEFERSON YESID ARGÜELLO CASTIBLANCO.

KEYWORDS: SHP CONNECTION, REGULATION, TIMELINE, STAGES, EACP, SCADA, SHP.

DESCRIPTION:

In the department of Santander, with its abundant water resources, project developers present and obtain approvals for their generation initiatives through small hydroelectric plants. The role of the Electrificadora de Santander is to support the new processes required for connecting these plants to the system, facing the challenge of carrying them out quickly and efficiently while applying all relevant regulations, ensuring a safe connection, and aligning with the goal of diversifying the energy matrix and improving service reliability.

This monograph compiles our experience at Electrificadora de Santander regarding the entry of such projects, presenting an organized account of the regulations and processes applied in their connection procedures, approached from the perspective of the grid operator. The result is a guide that culminates in a timeline, providing step-by-step support for each activity until the connection process is completed. This contribution also serves as a reference for other grid operators facing these processes, which may be new and challenging.

INTRODUCCIÓN

Con el interés creciente en el aumento de capacidad de la matriz de generación eléctrica colombiana mediante fuentes de generación que hagan uso de energías renovables no convencionales, impulsado por las diferentes políticas gubernamentales para el uso y desarrollo de estas fuentes de energía, se ha visto un incremento en la cantidad de proyectos que hacen uso de estas. Por ello, se están generando solicitudes de conexión para las mismas en zonas donde antes no se contaba con este tipo de proyectos. Se ha observado situaciones donde operadores de red que no tienen experiencia surtiendo estos procesos, se ven enfrentados a los retos que estos representan para ser llevados a buen término, siendo un obstáculo para la rápida gestión de los procesos previos a la puesta en marcha de los proyectos. Así mismo, las recientes actualizaciones en la regulación aplicable hacen necesaria una revisión de los posibles cambios que puedan dar lugar en los procesos ya conocidos.

Es importante para los involucrados en el proceso de conexión de este tipo de generadores tener claridad y certeza de la regulación aplicable, además de los requisitos a cumplir en la revisión a la conexión para la entrada en operación de nuevos activos de generación al sistema interconectado nacional, para el caso de interés, a todo lo relacionado con las obligaciones en las que el operador de red se ve involucrado como receptor o emisor de documentación y gestor de procesos en

los que se mencione que hace parte. Por consiguiente, en esta monografía se hará una revisión integral de la regulación del sector y los cambios que ha tenido la misma en la actualidad orientado principalmente a lo relacionado con el operador de red como parte del proceso de conexión y puesta en marcha del proyecto y se construirá una guía para que los operadores de red desarrollen las revisiones ante estas solicitudes.

1. OBJETIVOS

A continuación, se presentan los objetivos generales y específicos que se abordaron en esta monografía. Con el cumplimiento de estos se busca generar un documento que responda a la necesidad de tener claridad sobre la gestión en la conexión de pequeñas centrales hidroeléctricas en el sistema eléctrico de potencia, facilitando la interacción de las partes involucradas y promoviendo la eficiencia de estos procesos.

En orden de hacer una contribución a mejorar estos procesos se propone el siguiente como objetivo general:

- Desarrollar una guía con todos los requerimientos que debería tener en cuenta el operador de red para la revisión a la conexión de una pequeña central hidroeléctrica clase 1 a un barrage AIS sencillo de 115 kV a las subestaciones de la Electrificadora de Santander y su respectivo soporte regulatorio.

Asimismo, se determina que para el cumplimiento del anterior objetivo se necesita abordar dos actividades que se consideran claves para que la contribución de esta monografía sea significativa, estos se plantean en los siguientes objetivos específicos:

- Estructurar los procedimientos a desarrollar por parte del operador de red durante las etapas de diseño, construcción, conexión y puesta en servicio de los activos de conexión que se disponen en subestaciones de la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. (ESSA) para pequeñas centrales hidroeléctricas que se conectan a un barrage sencillo en nivel de tensión de 115 kV.
- Determinar todos los requisitos que debe cumplir el promotor del proyecto de generación ante ESSA para la aprobación de la entrada en operación

comercial de sus activos de conexión de acuerdo con el cumplimiento de la regulación vigente para indicar mediante una línea de tiempo tanto las fechas y actividades a desarrollar por el promotor del proyecto de generación como las actividades de revisión de ESSA en función de la fecha de puesta en operación del proyecto.

De lo propuesto en el primer objetivo específico se puede consultar la sección 3.1, en donde se muestran las actividades que se van realizando por parte del operador de red durante todo el proceso de conexión de los proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas y se describe cada una de ellas, mostrando su propósito y requerimientos para su realización.

Con respecto al segundo objetivo específico propuesto, en la sección 3.2 y 3.3 se listan requerimientos específicos que deben cumplir el promotor para con el operador de red , así como la condensación de todo el proceso de conexión en una línea de tiempo que muestra el orden en que se van dando todos los procesos.

2. MARCO CONCEPTUAL

A partir de la publicación de la regulación CREG 075 del 2021, donde se establecieron las disposiciones y procedimientos para la asignación de capacidad de transporte en el Sistema Interconectado Nacional de proyectos tipo clase 1 clasificados como proyectos de generación cogeneración y autogeneración para su conexión al SIN diferentes a los proyectos que se encuentran bajo el alcance de la Resolución CREG 174 del 2021 ¹, y de acuerdo con las obligaciones del operador de red enmarcadas en la Resolución CREG 025 de 1995 ² para la debida aprobación técnica de conexiones de proyectos de generación al STR o SDL, se evidencia lo imperante de contar por parte de la Electrificadora de Santander con un procedimiento que reúna las condiciones regulatorias y normativas para emitir un concepto de aprobación técnica a la conexión y entrada en operación de un proyecto tipo clase 1. Esto aunado a las necesidades actuales del SIN de fuentes de generación de energías limpias promovidas por los últimos gobiernos de Colombia a través de la Ley 2099 de 2021, en pro de la transición energética colombiana que permitan robustecer la matriz energética del país ³ y garanticen la continuidad del servicio de energía ante eventualidades de sequía extensiva que hoy en día se asoman con la amenaza del racionamiento energético.

2.1 DESCRIPCIÓN DE UN PROYECTO PCH.

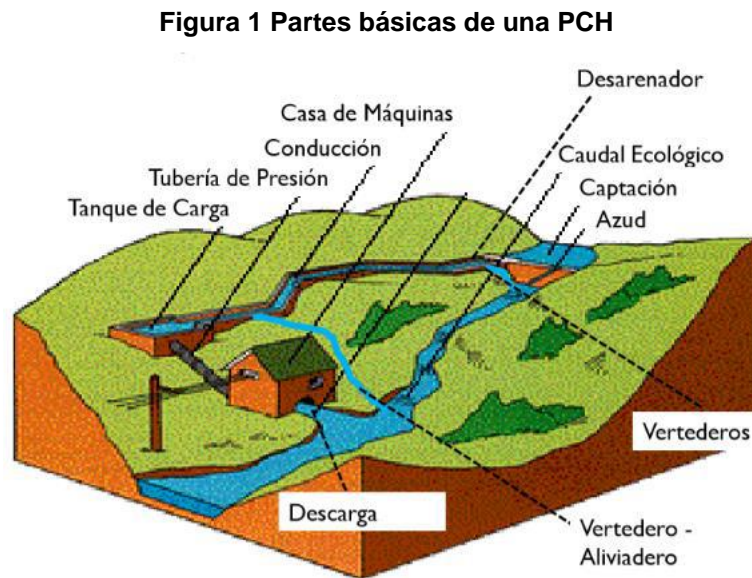
Puede definirse a una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) como una central de generación hidroeléctrica cuya capacidad se encuentre en el rango de los 500

¹ Resolución CREG-075, del 16 de junio de 2021. Por la cual se definen las disposiciones y procedimientos para la asignación de capacidad de transporte en el Sistema Interconectado Nacional. Comisión de Regulación de Energía y Gas. Pag 1.

² Resolución CREG-025, del 24 de julio de 1995, Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Pag 24.

³ Ley 2099 del 2021, 10 de julio de 2021, Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones. Pag 1.

[kW] y 20000 [kW]. En estas centrales se aprovecha la energía potencial y cinética de pequeños flujos de agua, que al pasar por el conjunto turbogenerador transforma la energía mecánica en eléctrica, generando poco impacto ambiental, ya que en la mayoría de los casos no posee represas y tiene captación de agua de filo tal y como se muestra en la Figura 1.⁴



Fuente: Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, 2020, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

2.2ACTIVOS DE CONEXIÓN DEL PROYECTO PCH.

La infraestructura o activos de conexión del Proyecto que se plantearán para el análisis de conexión al STR de ESSA corresponderán a los que se disponen al interior de la subestación eléctrica de potencia, los cuales se describen a

⁴ Patarrollo, Alejandra, Rincón, Cesar, Hurtado, Alejandro.Ocasiones, Miguel.Guerrero, Oscar, Ovalle José y Goyeneche, Heguar. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, 2020, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Pag 11

continuación mediante las siguientes unidades constructivas de acuerdo con lo establecido en la CREG 015 del 2018 ⁵:

- Una bahía de línea configuración barra sencilla - tipo convencional UC N4S1.
- Un control y protección de la Bahía de Línea, UC N4P1.
- Tres transformadores de tensión N4, UC N4EQ2

Cabe resaltar que los activos de conexión mencionados anteriormente son aquellos que van a ser ubicados al interior de la subestación y conectados sobre el barraje sencillo de 115 kV de la subestación y cuarto de control.

2.3 REGULACIÓN COLOMBIANA APLICABLE A LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER PARA LA APROBACIÓN DE LA CONEXIÓN DE UN PROYECTO DE GENERACIÓN TIPO PCH CLASE 1.

- Resolución CREG 025 DE 1995: Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.
- Resolución CREG 070 DE 1998: Por la cual se establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.
- Resolución CREG 024 DE 2005: Por la cual se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de distribución de energía eléctrica.

⁵ Resolución CREG-015, del 29 de enero de 2018, Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. Pag 215

- Resolución CREG 016 DE 2007: Por la cual se modifica parcialmente la Resolución CREG [024](#) de 2005 que establece las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a la Distribución de Energía Eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional.
- Resolución CREG 156 DE 2011: Por la cual se establece el Reglamento de Comercialización del servicio público de energía eléctrica, como parte del Reglamento de Operación.
- Resolución CREG 038 DE 2014: Por la cual se modifica el Código de Medida contenido en el Anexo general del Código de Redes.
- Resolución CREG 015 DE 2018: Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional.
- Resolución CREG-075 DE 2021: Por la cual se definen las disposiciones y procedimientos para la asignación de capacidad de transporte en el Sistema Interconectado Nacional.
- Acuerdo CNO 1612 DE 2022: Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la puesta en operación de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional - STN -, del Sistema de Transmisión Regional - STR -, de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación".
- Acuerdo CNO 1899 DE 2024: Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la declaración de entrada en operación comercial de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional - STN -, del Sistema de Transmisión Regional - STR -, de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación".

3. RESULTADOS

En este capítulo presenta una guía que detalla los principales requisitos y procedimientos identificados durante el desarrollo de la monografía para el proceso de conexión de una pequeña central hidroeléctrica a barrajes de 115kV. Aquí se enumeran las actividades clave que deben llevarse a cabo para la conexión de pequeñas centrales hidroeléctricas a subestaciones de la Electrificadora de Santander, así como los entregables y plazos asociados a cada etapa del proceso. Los resultados reflejan la aplicación práctica de la regulación vigente y el cumplimiento de los requerimientos técnicos necesarios para garantizar una conexión segura y eficiente, contribuyendo al fortalecimiento de la matriz energética del país.

3.1 Actividades que desarrollar por la Electrificadora de Santander.

Seguidamente se describen las actividades requeridas teniendo en cuenta las disposiciones regulatorias, así como otras disposiciones técnicas propuestas por algunos equipos de trabajo de ESSA.

3.1.1 Suscripción de Contrato de Conexión

De acuerdo con lo establecido en el artículo 31 de la Resolución CREG 075 del 2021, ESSA deberá suscribir un contrato de conexión con el promotor del proyecto de generación el cual figura como propietario del proyecto de generación en el concepto de capacidad asignada por la UPME en un término de cuatro meses posteriores a la publicación del mencionado concepto ⁶.

⁶ Resolución CREG-075, del 16 de junio de 2021, Por la cual se definen las disposiciones y procedimientos para la asignación de capacidad de transporte en el Sistema Interconectado Nacional. Pag 21

3.1.2 Entrega de planimetría de la subestación

ESSA enviará al promotor del proyecto los planos con que se cuenten de la subestación donde se identifique el acceso a la subestación, acceso a cuarto de potencia y control, ubicación de tableros, celdas, bahías y áreas a disponerse para la conexión del proyecto.

3.1.3 Revisión en sitio para el dimensionamiento de la conexión

ESSA realizará en conjunto con el promotor la visita a la subestación para la identificación del acceso a la subestación, acceso a cuarto de potencia y control, ubicación de tableros, celdas, bahías y confirmación de áreas a disponerse para la conexión del proyecto.

3.1.4 Recepción y Revisión de Ingeniería conceptual

ESSA solicitará al promotor del proyecto el envío de la ingeniería de detalle del diseño, memorias de cálculo del sistema de medida, planos de disposición física y diagramas unifilares de la conexión la cual deberá ser enviada mínimo diez meses antes de la entrada en operación del proyecto⁷.

Una vez recibida la ingeniería, ESSA dispondrá de veinte días calendario para la revisión y su posterior notificación de los comentarios al promotor vía correo.

3.1.5 Recepción y Revisión de Ingeniería Básica

ESSA solicitará al promotor del proyecto el envío de la ingeniería de detalle del diseño, memorias de cálculo del sistema de medida, planos

⁷ Resolución CREG-075, del 16 de junio de 2021, Por la cual se definen las disposiciones y procedimientos para la asignación de capacidad de transporte en el Sistema Interconectado Nacional Pag 25

de disposición física y diagramas unifilares de la conexión la cual deberá ser enviada mínimo nueve meses antes de la entrada en operación del proyecto.

Una vez recibida la ingeniería, ESSA dispondrá de treinta días calendario para la revisión y su posterior notificación de los comentarios al promotor vía correo⁸.

3.1.6 Recepción y Revisión de Ingeniería de Detalle

ESSA solicitará al promotor del proyecto el envío de la ingeniería de detalle del diseño, memorias de cálculo del sistema de medida, planos de disposición física y diagramas unifilares de la conexión la cual deberá ser enviada mínimo siete meses antes de la entrada en operación del proyecto.

Una vez recibida la ingeniería, ESSA dispondrá de treinta días calendario para la revisión y su posterior notificación de los comentarios al promotor vía correo⁹.

3.1.7 Recepción y Revisión de Cronograma de montaje, pruebas y puesta en servicio de la conexión:

ESSA solicitará el cronograma de actividades a desarrollarse por parte del promotor del proyecto donde se indiquen los tiempos de ingreso a la subestación, montaje, construcción, pruebas de conexión y puesta en servicio para la planificación de visitas y revisiones en terreno¹⁰.

⁸ Resolución CREG-025, del 24 de julio de 1995, Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Pag 24

⁹ Resolución CREG-025, del 24 de julio de 1995, Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Pag 25

¹⁰ Ibid. P

3.1.8 Realización de Reunión de Inicio para la entrega de Insumos para el desarrollo del EACP por parte del promotor

De acuerdo con los tiempos establecidos para la realización de la reunión de inicio según el acuerdo CNO 1612 de 2022 se tiene lo siguiente:

ESSA deberá asistir a la reunión de inicio convocada por el promotor del proyecto en coordinación con el CND para fijar los compromisos de la entrega de insumos por parte del Operador de Red para la elaboración del EACP por parte del promotor.

La información técnica requerida por el promotor para el desarrollo del EACP será enviada por ESSA dentro de los treinta días calendario posterior a la fecha de la reunión de inicio convocada por el promotor¹¹.

3.1.9 Reunión de inicio en Subestación para la ejecución de la obra

ESSA convocará la asistencia a la reunión de inicio programada por los administradores del contrato de conexión para indicar los lineamientos a tener en cuenta durante las obras de conexión por parte del promotor, tales como la definición del sitio dispuesto de la bahía de línea, espacio definido para la instalación de los tableros de control, validación de propuesta del promotor de los posibles espacios a ocuparse por contenedores de almacenamiento, baños públicos y adecuación de oficinas dentro del mismo módulo de bahía, aclaración de la responsabilidad de vigilancia de los activos de conexión, entre otras.

¹¹ Acuerdo CNO-1612, del 16 de septiembre de 2022, Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la puesta en operación de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional - STN, del Sistema de Transmisión Regional - STR, de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación". Anexo 7 Pag 2

3.1.10 Recepción y revisión de la versión 1 del EACP (Estudio de Ajustes de Coordinación de Protecciones)

De acuerdo con los tiempos establecidos para la entrega de la versión 1 del EACP según el acuerdo CNO 1612 de 2022 se tiene lo siguiente¹²:

- ESSA revisará la versión 1 del EACP, el cual deberá ser enviado por el promotor ciento veinte días calendario previos a la FPO del proyecto.
- Esta información deberá contener la base de datos en versión Digsilent 2020.
- Una vez recibida la versión 1 del EACP, ESSA dispondrá de treinta días calendario para la revisión y su posterior notificación de los comentarios al promotor vía correo.

3.1.11 Recepción y Revisión de la versión definitiva del EACP (Estudio de Ajustes de Coordinación de Protecciones)

De acuerdo con los tiempos establecidos para la entrega de la versión definitiva del EACP según el acuerdo CNO 1612 de 2022 se tiene lo siguiente¹³:

- ESSA revisará el envío de la versión definitiva del EACP, el cual deberá ser enviado por el promotor sesenta días calendario previos a la FPO del proyecto.
- Esta información deberá contener la base de datos en versión Digsilent 2020.

¹² Acuerdo CNO-1612, del 16 de septiembre de 2022, Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la puesta en operación de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional - STN, del Sistema de Transmisión Regional - STR, de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación". Anexo 7 Pag 2

¹³ Acuerdo CNO-1612, del 16 de septiembre de 2022, Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la puesta en operación de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional - STN, del Sistema de Transmisión Regional - STR, de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación". Anexo 7 Pag 3

- Una vez recibida la versión definitiva del EACP, ESSA dispondrá de treinta días calendario para la revisión del EACP definitivo y su posterior notificación de aprobado al promotor vía correo.

3.1.12 Realización de visita a Subestación como acompañamiento durante la ejecución de las pruebas SAT y SAS, Funcionales 0,1 y 2

ESSA asistirá en sitio con sus profesionales del equipo de soporte a las tecnologías de la operación SCADA para la verificación y validación de las pruebas conjuntas, para lo cual, el promotor del proyecto deberá informar con mínimo quince días de anticipación la programación de estas pruebas.

3.1.13 Recepción y Revisión de Señales SOE y SCADA (Formatos regulatorios)

Una vez recibida la información ESSA dispondrá de quince días hábiles para dar respuesta de la aprobación o rechazo.

3.1.14 Realización de visita a Subestación para la revisión del Montaje de Activos de Conexión

ESSA asistirá en sitio para la verificación y aprobación de la instalación y montaje realizado de los activos de conexión de acuerdo con los diseños e ingenierías proyectadas y validadas.

3.1.15 Realización de visita a Subestación para la legalización de la frontera de generación

ESSA asistirá en sitio para la verificación y validación de la instalación y conexión de la frontera de generación de acuerdo con las memorias de

cálculo y documentación compartida para el cumplimiento normativo de la Res CREG 038 de 2014¹⁴¹⁵.

3.1.16 Realización de visita a Subestación como acompañamiento durante la ejecución de pruebas de integración a la diferencial de barra, estabilidad de barra y pruebas *End to End*

Los profesionales del equipo de trabajo de control, medida y protección de ESSA asistirán en sitio para la verificación y validación de las pruebas conjuntas, para lo cual, el promotor del proyecto deberá informar con mínimo 15 días de anticipación la programación de estas pruebas¹⁶¹⁷.

3.1.17 Recepción y revisión de resultados de pruebas conjuntas

- Diagramas de principio de la subestación por parte del promotor.
- Protocolo de pruebas SAT - SAS (Pruebas de Aceptación en Fábrica y Sistema de Automatización de Subestaciones) aprobado.
- Protocolo de pruebas diligenciado de integración a la diferencial de la barra, estabilidad de la barra.
- Archivos COMTRADE junto con los casos de las pruebas End to End realizadas.

ESSA solicitará a el promotor la entrega de los planos actualizados del diagrama de principio de la subestación considerando la nueva entrada en operación de los activos de conexión. Esta información deberá ser

¹⁴ Resolución CREG-157, del 17 de noviembre de 2014, Por la cual se modifican las normas sobre el registro de fronteras comerciales y contratos de energía de largo plazo, y se adoptan otras disposiciones. Pag 5

¹⁵ Resolución CREG-038, del 20 de marzo de 2014, Por la cual se modifica el Código de Medida contenido en el Anexo general del Código de Redes. Pag 24

¹⁶ IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Std 242-2001). Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Sección 13.4

¹⁷ IEEE Std C37.90: Standard for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus. Cap. 4

entregada por el promotor en un lapso máximo de 15 días calendario anteriores a las pruebas de energización.

A su vez El promotor deberá entregar el protocolo de pruebas SAT y SAS aprobado por el E.T. equipo de soporte a las tecnologías de la operación SCADA, El Protocolo de pruebas diligenciado de integración a la diferencial de la barra, estabilidad de la barra y los Archivos COMTRADE junto con los casos de las pruebas *End to End* realizadas.

3.1.18 Emisión de certificado de aprobación a la conexión y capacidad de transporte asignada en el contrato de conexión

ESSA deberá enviar la certificación de aprobación a la conexión y la capacidad en MW asignada en el contrato de conexión. Copia de esta comunicación deberá enviarse tanto al Centro Nacional de Despacho como al Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales¹⁸.

Cabe resaltar que la fecha establecida en el contrato de conexión debe coincidir con la fecha de entrada en operación aprobada en el concepto de conexión de la UPME. Por otra parte, previo al inicio de pruebas de puesta en servicio se deberá haber cumplido con las condiciones estipuladas en el concepto de conexión de la UPME y la subestación donde se conectará el generador deberá estar declarada en operación.

3.1.19 Recepción y revisión de toma de datos para informe de calidad de la potencia

ESSA deberá realizar la toma de datos de la onda de tensión, corriente, armónicos, entre otros, para realizar la comparativa del antes y después de la entrada en operación del proyecto y corroborar el cumplimiento de

¹⁸ Acuerdo CNO-1612, del 16 de septiembre de 2022, Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la puesta en operación de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional - STN, del Sistema de Transmisión Regional - STR, de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación". Anexo 1 Literal 7.1.23

lo exigido regulatoriamente en cuanto a calidad de la potencia del sistema eléctrico (Resolución CREG 016 de 2007 y CREG 024 de 2005)¹⁹.

3.1.20 Realización de visita a Subestación para la verificación de las pruebas de energización

ESSA asistirá en sitio con los profesionales del Equipo de Soporte Control, Medida y Protección para la debida validación de las pruebas de energización, para lo cual, el promotor del proyecto deberá informar a ESSA con mínimo 15 días de anticipación la programación de estas pruebas.

3.1.21 Recepción de ingeniería definitiva para el comisionamiento del proyecto

El promotor del proyecto de generación deberá realizar la entrega a ESSA de los planos definitivos y actualizados considerando la nueva entrada en operación de los activos de conexión. Esta información deberá ser entregada por el promotor en un lapso máximo de 15 días calendario posteriores a las pruebas de energización.

La información que se incluye contendrá lo siguiente:

- Planos de equipos de alta tensión:
 - Cada tipo de equipo debe mostrar al menos la siguiente información:
 - ✓ Dimensiones y masas
 - ✓ Material de los componentes y su ubicación
 - ✓ Máximas fuerzas admisibles sobre los bornes
 - ✓ Detalles de los bornes de alta tensión y de puesta a tierra

¹⁹ Resolución CREG-016, del 26 de febrero de 2007, Por la cual se modifica parcialmente la Resolución CREG 024 de 2005 que establece las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a la Distribución de Energía Eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. Pag 3

- ✓ Detalle de las cajas terminales
- ✓ Parámetros eléctricos
- ✓ Línea de fuga
- ✓ Distancia de arco
- ✓ Detalle para fijación a la estructura soporte
- ✓ Detalles de pernos, tuercas y arandelas para fijación a la estructura soporte
- ✓ Frecuencia natural
- ✓ Amortiguamiento
- Planos de Plantas y Cortes:

Los planos de plantas y cortes deben incluir al menos la siguiente información:
- Forma de la conexión entre equipos y barrajes
 - ✓ Verificación de distancias eléctricas
 - ✓ Localización de cajas terminales y gabinetes de agrupamiento.
 - ✓ Ubicación e identificación de equipos de alta tensión, conectores de alta tensión y de puesta a tierra, conductor, cable de guarda y barraje tubular
 - ✓ Localización de vías con las distancias de seguridad para circulación
- Planos eléctricos:
 - ✓ Diagrama unifilar
 - ✓ Diagrama de protección, incluida la lógica de disparo
 - ✓ Diagramas esquemáticos de control y protección
 - ✓ Diagrama de medición
 - ✓ Diagrama de flujo de secuencias de maniobra
 - ✓ Diagrama lógico de enclavamientos
 - ✓ Diagrama unifilar del sistema de registro de fallas
 - ✓ Diagrama unifilar del sistema de comunicaciones
 - ✓ Diagramas de Circuito Esquemáticos

- Tablas de Cableado:
 - ✓ Tabla de alambrado interno: Esta tabla debe mostrar todas las conexiones dentro de una unidad de una instalación
 - ✓ Tabla de cableado externo: Esta tabla debe representar todas las conexiones entre las diferentes unidades de una instalación
 - ✓ Tabla de borneras: Esta tabla debe mostrar todas las borneras y bornes (con su disposición física) y los conductores internos y externos conectados a aquellos
 - ✓ Lista de Cables
- Planos de servicios auxiliares:

Los planos de servicios auxiliares y de emergencia deben incluir al menos la siguiente información

 - ✓ Diagrama unifilar
 - ✓ Planos de disposición
 - ✓ Planos esquemáticos
 - ✓ Planos de cableado
 - ✓ Planos de disposición física de equipos en los tableros
 - ✓ Lista de materiales y equipo con sus características técnicas
 - Revisión de calidad de la potencia inyectada:

Para llevar a cabo esta actividad el promotor deberá instalar un analizador de red donde se hará el mapeo del comportamiento de las señales de tensión y corriente durante mínimo una semana y entregará el informe de calidad de la potencia en los quince días posteriores al retiro del analizador de red de la subestación²⁰.

Una vez recibida la información ESSA dispondrá de quince días hábiles para exigir subsanar cualquier condición anómala que se evidencie.

²⁰ Resolución CREG-016, del 26 de febrero de 2007, Por la cual se modifica parcialmente la Resolución CREG 024 de 2005 que establece las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a la Distribución de Energía Eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. Pag 3

Para esta actividad ESSA otorgará los permisos para la conexión del analizador de red al tablero de control y protección de la bahía de conexión.

3.1.22 Etapas de revisión de diseños

Las revisiones documentales y de ingeniería se desarrollarán en cinco etapas y se exigirá el siguiente listado de entregables:

3.1.22.1 Revisión de Ingeniería Conceptual (1 etapa)

La entrega de la ingeniería conceptual se deberá realizar por el promotor en un tiempo mínimo de diez meses antes de la fecha de puesta en operación del proyecto y contendrá las siguientes memorias y planos²¹:

Tabla 1. Contenido de la entrega de ingeniería conceptual

Etapa de revisión de Ingeniería Conceptual

Plano de vista planta general, localización general de equipos y rutas (cárcamos y ductos) con cotas
Distribución de gabinetes en edificaciones con cotas
Informe de Criterios de control y protección.
Plano de vista planta de la subestación con la bahía de conexión
Plano de vista planta del cuarto de control con los equipos a instalar
Informe detallado de selección de equipos
Diagrama unifilar de potencia y servicios auxiliares
Definición del área de influencia para el EACP
Documento de criterios de comunicaciones para la la red SCADA y

²¹ Resolución CREG-025, del 24 de julio de 1995, Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Pag 25.

Telecomunicaciones

Fuente: Elaboración propia

3.1.22.2 Revisión de Ingeniería Básica (2 etapa)

La entrega de la ingeniería básica se deberá realizar por el promotor en un tiempo mínimo de nueve meses antes de la fecha de puesta en operación del proyecto y contendrá las siguientes memorias y planos²²:

Tabla 2. Contenido de la entrega de ingeniería básica

Etapa de revisión de Ingeniería Básica

Vista de planta, cortes y detalles de patio

Ruta de cables con cotas

Ruta de cárcamos y ductos con cotas

Ruta de fibras y cableado de comunicaciones

Ruta de bandejas Cablofill y ductería dedicada de comunicaciones

Diagrama unifilar de corriente alterna

Diagrama unifilar de corriente continua

Apantallamiento - Planta, cortes y detalles (plano y calculo)

Malla de puesta a tierra - Planta y detalles (plano y calculo)

Distribución de gabinetes en edificaciones

Diagrama unifilar nomenclatura operativa

Distancias mínimas de seguridad (estudio)

Selección barraje y conductores (estudio y/o calculo)

Diagrama general de la arquitectura de control y protección (Diagrama de Principio)

Diagrama de comunicaciones (Esquema)

²² Resolución CREG-025, del 24 de julio de 1995, Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Pag 25

Fichas técnicas de los equipos a instalar, datos de placa de equipos definidos.

Diagrama unifilar de corriente alterna

Diagrama unifilar de corriente continua

Distribución de gabinetes en edificaciones- Indicar los gabinetes de medida y comunicaciones

Diagrama unifilar nomenclatura operativa

Fichas técnicas de los equipos a instalar, datos de placa de equipos definidos.

Fuente: Elaboración propia

3.1.22.3 Revisión de Ingeniería de Detalle (3 etapa)

La entrega de la ingeniería básica se deberá realizar por el promotor en un tiempo mínimo de (7) meses antes de la fecha de puesta en operación del proyecto y contendrá las siguientes memorias y planos²³:

Tabla 3. Contenido de la entrega de ingeniería de detalle

Etapa de revisión de Ingeniería de detalle

Ingeniería secundaria de detalle debe contener:

* Portada

* Índice

* Esquema general de Simbología Eléctrica

* Diagrama Unifilar General

* Diagrama Unifilar específico de la bahía

* Diagrama de Principio

* Matriz de Disparo

²³ Resolución CREG-025, del 24 de julio de 1995, Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Pag 25

* Diagramas de Lógicas

* Secuencias de Operación

* Ingeniería de Detalle (SSAA_DC, SSAA_AC, Control, Protección, Señalización, Periféricos, tableros SAS, Tableros +COM, tablero de medida, tablero de calidad de potencia CPE, etc.)

* Señales Análogas

* Planos Z

* Tablas de Cableado (interno, externo)

* Diseño Electromecánico

* Diagrama detallado de comunicaciones (Incluye Red SAS, Teleprotecciones, medida)

* Listado de señales

* Protocolos a diligenciar para pruebas FAT y SAT (SCADA y red SAS)

* Formatos 3 y 4 acuerdo CNO 1535 (o su actualización o remplazo)

Diagrama unifilar completo indicando el Sistema de Medida de las fronteras que se establezcan.

Informe de cálculo de burden y regulación de tensión.

Hoja de vida de la(s) frontera(s)

Fuente: Elaboración propia

3.1.22.4 Revisión de EACP (Estudio de Ajustes de Coordinación de Protecciones) versión 1 y definitivo (4 etapa)

El cumplimiento de este hito normativo deberá efectuarlo el promotor en un tiempo mínimo de (3) meses antes de la fecha de puesta en operación del proyecto²⁴.

²⁴ Acuerdo CNO-1612, del 16 de septiembre de 2022, Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la puesta en operación de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional - STN, del Sistema de Transmisión Regional - STR, de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación". Anexo 7 Pag 2.

3.1.22.5 Revisión en Etapas de Pruebas (5 etapa)

El desarrollo de las pruebas de conexión y validación del cumplimiento normativo y regulatorio por parte de ESSA se desarrollará en un lapso de 1 mes donde se elaborarán y entregarán por parte del promotor para revisión por ESSA los siguientes informes²⁵:

Tabla 4 Entregables en etapa de pruebas

Entregables en etapas de pruebas

Ingeniería rojo verde

Protocolos diligenciados y firmados entre las partes de las pruebas SCADA (SAT y SAS)

Rojo/verde de lo correspondiente al Sistema de Medida

Datos de los medidores

a) Seriales de los medidores principal y respaldo

b) *Password* (lectura)

c) IP y Puerto

d) Relación de CTs (Servicio)

e) Relación de PTs (Servicio)

Actas de instalación

Curva Típica de Carga y Consumo Proyectado

Certificados de calibración y conformidad de los equipos asociados al Sistema de Medida

Informe de pruebas de rutina (cuando aplique)

Informe del tercer Verificador

Plan(es) de mantenimiento

Plantilla general de equipos del sistema de Medida

²⁵] Resolución CREG-025, del 24 de julio de 1995, Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Pag 26.

Plantilla de registro de fronteras

Fuente: Elaboración propia

3.1.23 Etapas de revisión de pruebas

En esta sección se explican en detalle las etapas de revisión y validación de pruebas específicas que se deben realizar para garantizar que las conexiones de los activos cumplan con los estándares técnicos y regulatorios antes de ponerlos en servicio. Las pruebas requeridas van desde la verificación de la protección y estabilidad del sistema hasta las pruebas requeridas para la integración con sistemas de automatización y monitoreo como SCADA. Cada una de estas etapas es crítica para garantizar la confiabilidad, seguridad y desempeño que debe alcanzar el sistema eléctrico tanto durante como después de la conexión de nuevos proyectos al Sistema Interconectado Nacional.

3.1.23.1 Prueba de Protecciones (diferencial de barra 50 BF)

En esta prueba realizada por el promotor se verifica por ESSA el correcto funcionamiento del esquema de protección diferencial de barra 50 BF, la cual detecta fallas internas en las barras colectoras de una subestación eléctrica.

En el desarrollo de la prueba se simulan fallas internas y externas para asegurar que el sistema actúe únicamente en las fallas internas. El término "50 BF" hace referencia al relé de falla de interruptor, que supervisa si el interruptor falla al abrirse tras la operación de la protección diferencial²⁶.

²⁶ IEEE recommended practice for protection and coordination of industrial and commercial power systems (IEEE Std 242-2001). Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Sección 13.4

3.1.23.2 Pruebas individuales de relés de protección:

En estas pruebas desarrolladas por el promotor sobre cada relé de protección de manera aislada se verifica por parte de ESSA que el funcionamiento sea conforme a los ajustes y configuraciones establecidos en el EACP ²⁷. Estas pruebas consisten en:

- Simulación de condiciones de falla.
- Verificación de tiempos de disparo.
- Revisión de entradas y salidas lógicas.

3.1.23.3 Pruebas de estabilidad de la barra

Mediante esta prueba realizada por el promotor se valida por parte de ESSA que el sistema diferencial de barras permanece estable frente a condiciones normales de operación y fallas externas. Por otra parte, ESSA se asegura que no se produzcan disparos indebidos cuando las corrientes de carga o fallas externas atraviesan la barra.

3.1.23.4 Pruebas END to END

Estas pruebas realizadas en simultaneo entre el promotor y ESSA evalúan la comunicación y coordinación entre los equipos de protección ubicados en extremos diferentes de una línea de transmisión. Se simulan eventos desde un extremo de la línea y se verifican las señales y tiempos de respuesta en el extremo opuesto. Es especialmente útil para sistemas que utilizan protecciones basadas en comunicación como protección diferencial de línea o teleprotección²⁸.

²⁷ IEEE Std C37.90: Standard for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Pag. 7

²⁸ Cowhey, E., & Rossiter, A. (2016). Experiencia de una compañía eléctrica con las pruebas de extremo a extremo orientadas a la aplicación de los esquemas de protección del alimentador EHV. OMICRON. Pag. 4

3.1.23.5 Pruebas de integración de activos al SCADA

Estas pruebas realizadas por ESSA verifican la comunicación y monitoreo de los equipos eléctricos en el sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) e incluyen:

1. Configuración de puntos de datos (estados, alarmas, medidas).
2. Verificación de la correcta transmisión de datos desde el equipo al sistema SCADA.

Pruebas de control remoto (apertura/cierre de interruptores, cambios de estado, etc.).

3.1.23.6 Pruebas Funcionales 0,1 y 2

Estas pruebas desarrolladas por ESSA se realizan en diferentes niveles de integración del sistema:

- Pruebas Funcionales 0: Verificación de cada equipo de protección en laboratorio o de manera individual en sitio.
- Pruebas Funcionales 1: Integración de varios equipos en campo para verificar su interacción (por ejemplo, relés con LEDs o dispositivos de comunicación).
- Pruebas Funcionales 2: Pruebas completas del sistema con todas las interacciones entre equipos y sistemas (SCADA, protecciones, comunicaciones, etc.).

3.1.23.7 Pruebas SAT y SAS

- Pruebas SAT (*Site Acceptance Test*) realizadas por el promotor: Son las pruebas de aceptación en sitio. Se realizan una vez que los

equipos están instalados para verificar que cumplen con las especificaciones técnicas y funcionales del proyecto.

- Pruebas SAS (*Substation Automation System*) realizadas por el promotor: Estas pruebas evalúan el sistema de automatización de la subestación, incluyendo la comunicación entre dispositivos, esquemas lógicos, y la integración con sistemas SCADA.

3.1.23.8 Pruebas para el cumplimiento de la CREG 038 del 2014:

La resolución CREG 038 de 2014 establece los requisitos técnicos y operativos para sistemas eléctricos de transmisión. Para esto se necesitan ejecutar una serie de pruebas que aseguran que las instalaciones cumplen con²⁹:

- Estándares de confiabilidad y estabilidad del sistema.
- Requerimientos de medición, comunicación y registro de eventos.
- Integración con el operador del sistema eléctrico (XM en Colombia).

3.1.24 Formato de aprobación a la conexión y certificado de cumplimiento de reglamentación vigente para la entrada en operación del proyecto y revisiones posteriores a la entrada en operación comercial del proyecto.

Dentro de los requisitos para la puesta en operación comercial de plantas de generación establecidos en el Anexo 1 del Acuerdo CNO 1612 de septiembre de 2022 capítulo 7 artículo 7.1.23 se tiene la entrega de una comunicación firmada por el operador de red ESSA en el que se indique que la conexión del proyecto cumplió con la reglamentación vigente.

Este certificado firmado por ESSA lo deberá entregar el promotor al CND (Centro Nacional de Despacho) en el formato de certificado de

²⁹ Resolución CREG-038, del 20 de marzo de 2014, Por la cual se modifica el Código de Medida contenido en el Anexo general del Código de Redes. Capítulo 3
Pag 5

cumplimiento pruebas para verificar el comportamiento de los esquemas de protección³⁰.

3.2 Requisitos de ESSA hacia el promotor del proyecto:

3.2.1 Listado de entregables de ingenierías y memorias de cálculo para el comisionamiento del proyecto

Tabla 5 Entregables de ingenierías y memorias de calculo

CATEGORÍA	NOMBRE DEL DOCUMENTO
Documento Electromecánico	<ul style="list-style-type: none"> • Criterios de diseño • Características técnicas de equipo primario • Estudio de corto circuito • Estudio de flujo de cargas • Estudio de coordinación de aislamiento y sobretensiones • Estudio de estabilidad • Estudio de Campo Eléctrico y Magnético • Estudio de coordinación de protecciones • Planillas de ajustes de protecciones de coordinación de protecciones • Informe medida de resistividad del Terreno • Distancias mínimas de seguridad • Selección barraje y conductores • Memoria de cargabilidad de transformadores de tensión y corriente • Selección de Cables de Media y Alta tensión • Sistema de apantallamiento – patio y caseta • Cables de control y fuerza • Sistema de puesta a tierra • Selección de aisladores • Memoria de cálculo Aire acondicionado (si aplica) • Verificación de características técnicas equipos • Verificación características técnicas dispositivo de protección contra sobretensiones • Memoria de cálculo S.S.A.A • Memoria de cálculo para dimensionamiento de cárcamos, selección de ductos y bandejas • Sistema de iluminación exterior (si aplica) • Cables de alta tensión - Especificaciones y fichas técnicas

³⁰ Acuerdo CNO-1612, del 16 de septiembre de 2022, Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la puesta en operación de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional - STN, del Sistema de Transmisión Regional - STR, de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación". Anexo 1 artículo 7.1.23.

- Listado general de materiales
 - Listado general equipos
 - Tablas de cableado Interno Tablero de control y protección Bahías de líneas y bahías de transformadores
 - Tablas de cableado Interno Tablero de Diferencial de Barras
 - Lista de tendido de cable multiconductor tableros de C&P
 - Lista de conexionado de cable multiconductor tableros de C&P
 - Listado de señales
 - Características técnicas sistema de comunicaciones
 - Memoria de cálculo sistema contra incendio (si aplica nuevo cuarto o modificación)
 - Tablas de cableado interno gabinete de medida

Plano Electromecánico

- Dimensionamiento de tableros de media tensión
- Planimetrías provisionales
- Vista de planta, cortes y detalles de patio
- Diagrama unifilar provisionales
- Ruta de cables
- Ruta de cárcamos y ductos
- Diagrama unifilar de corriente alterna
- Diagrama unifilar de corriente continua
- Conectores de alta tensión - Detalles y cortes
- Apantallamiento - Planta, cortes y detalles
- Diagrama unifilar con características de equipos
- Malla de puesta a tierra - Planta y detalles
- Disposición física Existente - Planta
- Distribución de gabinetes en edificaciones
- Diagrama unifilar nomenclatura operativa
- Planimetría para desmantelamiento (si aplica)
- Diseño Fundamental
- Arquitectura -SAS
- Diagrama unifilar protecciones
- Diagrama unifilar medidas
- Placas nomenclatura operativa y señalización
- Detalles de puesta a tierra y tubería de equipos
- Planos de iluminación exterior y de las instalaciones eléctricas exteriores con detalles (si aplica)
- Pararrayos - Planos dimensionales, esquemáticos y manuales de operación
- Herrajes cadenas de aisladores y herrajes de guarda - Planos dimensionales
- Diagramas esquemáticos Tablero de Diferencial de Barras
- Diagramas esquemáticos Tablero de Calidad de Potencia
- Placas de identificación tableros de C&P, SAS y Telecomunicaciones
- Planos de conexiones de interface sistema SAS
- Diseño detallado tableros
- Configuración PCM -Bahías
- Configuración PCM -del proyecto
- Planos dimensionales, esquemáticos y manuales de operación equipos
- Plano sistema red contra incendio edificio de control (si aplica nuevo cuarto o modificación)
- Plano de iluminación y de las instalaciones eléctricas interiores
- Plano esquemático de controlador de S.S.A.A.
- Ingeniería de detalle Celdas (si aplica)
- Diagrama trifilar de potencia y control S.S.A.A
- Planimetrías provisionales
- Vista de planta, cortes y detalles de patio
- Diagrama unifilar provisionales
- Ruta de cables
- Ruta de cárcamos y ductos
- Diagrama unifilar de corriente alterna

- Diagrama unifilar de corriente continua
- Conectores de alta tensión - Detalles y cortes
- Apantallamiento - Planta, cortes y detalles
- Diagrama unifilar con características de equipos
- Malla de puesta a tierra - Planta y detalles
- Disposición física Existente - Planta
- Distribución de gabinetes en edificaciones
- Diagrama unifilar nomenclatura operativa
- Planimetría para desmantelamiento (si aplica)
- Diseño Fundamental
- Arquitectura -SAS
- Diagrama unifilar protecciones
- Diagrama unifilar medidas
- Placas nomenclatura operativa y señalización
- Detalles de puesta a tierra y tubería de equipos
- Planos de iluminación exterior y de las instalaciones eléctricas exteriores con detalles (si aplica)
- Pararrayos - Planos dimensionales, esquemáticos y manuales de operación
- Herrajes cadenas de aisladores y herrajes de guarda - Planos dimensionales
- Diagramas esquemáticos Tablero de Diferencial de Barras
- Diagramas esquemáticos Tablero de Calidad de Potencia
- Placas de identificación tableros de C&P, SAS y Telecomunicaciones
- Planos de conexiones de interface sistema SAS
- Diseño detallado tableros
- Configuración PCM- Bahías
- Configuración PCM -del proyecto
- Planos dimensionales, esquemáticos y manuales de operación equipos
- Plano sistema red contra incendio edificio de control (si aplica nuevo cuarto o modificación)
- Plano de iluminación y de las instalaciones eléctricas interiores
- Plano esquemático de controlador de S.S.A.A.
- Ingeniería de detalle Celdas (si aplica)
- Diagrama trifilar de potencia y control S.S.A.A.

Documento Red SAS	<ul style="list-style-type: none"> • Criterios de diseño red SAS, Medida • Documento con CTG de todos los equipos a integrar a la red SAS • Listado de cableado fibras y cableado de comunicaciones red SAS, Medida, Calidad de Potencia y Comunicaciones +COM • Anexo 3 y 4 Acuerdo CON 1535 o su actualización • Protocolos a diligenciar para la red SAS durante las pruebas FAT y SAT
Plano red SAS	<hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Plano Ruta de fibras y cableado de comunicaciones definitivo y provisionales si aplica • Plano ruta de instalación de bandeja cablofil y ductería de comunicaciones • disposición física de equipos en tableros red SAS (+CSE), Medida, Calidad de Potencia y Comunicaciones +COM

Documento Civil

- Cimentación poste para obras provisionales - memoria de cálculo (si aplica)
- Verificación poste para soporte de transformador SSAA (si aplica)
- Memoria de cálculo cimentaciones de estructuras (equipos y pórticos)
- Memoria de cálculo estructura de afloramiento
- Memoria de cálculo adecuación y vías (si aplica)
- Memoria de cálculo Box Couvert
- Memoria de cálculo cimentación planta de emergencia eléctrica (si aplica)
- Criterios de diseño obras civiles y estructuras
- Parámetros ambientales y meteorológicos
- Informe de levantamiento topográfico
- Informe de estudio geotécnico
- Estructuras de pórticos - Tensiones mecánicas de techos - Memoria de cálculo
- Guía de diseño estructuras metálicas pórticos
- Guía de diseño estructuras metálicas equipos
- Especificaciones técnicas de estructuras metálicas
- Hoja de datos estructuras metálicas
- Guía de diseño cimentaciones de pórticos
- Guía de diseño cimentaciones de equipos
- Plan de Manejo Ambiental
- Soporte de equipos - Memoria de cálculo
- Estructuras metálicas - lista de cantidades
- Soporte de equipos - pernos de anclaje
- Lista de tornillería para fijación del equipo a la estructura
- Memoria de cálculo drenajes (si aplica)
- Memoria de diseño adecuación del terreno
- Memoria de cálculo canalizaciones - Cárcamos, Box couvert y ductos
- Memorias de cálculo para el dimensionamiento de obras provisionales (si aplica)
- Edificio de control - Estructura - Memoria de cálculo (si aplica modificación)
- Especificaciones técnicas de construcción de obra civil
- Memoria de cálculo Muro Cortafuego (si aplica)

Plano Civil

- Plano estructuras de soporte
- Plantilla para ubicación de pernos porticos
- Plano dimensionamiento de obras provisionales (si aplica)
- Plano cimentación de poste para obras provisionales (si aplica)
- Soporte de equipos - planos de taller estructura aislador
- Plano cimentación para estructura aislador poste (si aplica)
- Soporte de equipos - planos de taller estructura de afloramiento
- Plano cimentación para estructura de afloramiento
- Plano adecuación vía - planta general y detalles (si aplica)
- Disposición arquitectónica – Box Couvert
- Plano disposición general y detalle estructural – Box Couvert
- Plano cimentación planta de emergencia eléctrica (si aplica)
- Localización y coordenadas del proyecto
- Levantamiento topográfico
- Planta general de obras civiles - existentes
- Planta general de obras civiles - demoliciones (si aplica)
- Isométrico y arboles de carga pórticos
- Soporte de equipos - Planos de taller
- Planta general de obras civiles - proyectadas
- Adecuación del terreno
- Disposición general de vías internas
- Drenajes - Disposición general y detalles
- Cárcamos y ductos - Disposición general y detalles
- Planta general de cimentaciones
- Cimentaciones de equipos
- Plano cimentaciones módulo híbrido
- Cimentaciones de pórticos
- Transformadores - Foso y carrileras - Planta secciones y detalles
- Muro cortafuego
- Edificio de control - Arquitectura
- Edificio de control - Estructura
- Planos caseta extintor rodante
- Plano acabado de patio
- Plano Muro de contención
- Plantilla para ubicación de pernos equipos

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Protocolos y formatos que entregar por el promotor a ESSA y CND según acuerdos CNO:

- Con treinta días calendarios previos a la fecha de puesta en operación del proyecto el promotor deberá entregar a ESSA y CND el listado de señales SOE (*Operating System Standards*) diligenciando el Anexo 3 del acuerdo CNO 1612 ³¹.
- Con treinta días calendarios previos a la fecha de puesta en operación del proyecto el promotor deberá entregar a ESSA y CND el listado de señales SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) diligenciando el Anexo 3 del acuerdo CNO 1612 ³².
- Con treinta días calendarios previos a la fecha de puesta en operación del proyecto el promotor deberá entregar los códigos SIC a ESSA de las fronteras de generación y consumos propios registradas ante el ASIC (*Administrador del sistema de intercambios comerciales*) 33.

³¹ Acuerdo CNO-1612, del 16 de septiembre de 2022, Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la puesta en operación de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional - STN, del Sistema de Transmisión Regional - STR, de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación". Anexo 1 artículo 7.1.11

³² Ibid. Anexo 1 artículo 7.1.12

³³ Ibid. Anexo 1 artículo 7.1.10

- Con noventa días calendarios previos a la fecha de puesta en operación del proyecto el promotor deberá entregar una comunicación al CND la cual deberá ir firmada por ESSA en la que se informe los trabajos de expansión y los activos que se requieren para la incorporación o conexión del nuevo proyecto al SIN³⁴.
- Es necesario resaltar que previamente se debe coordinar con el TN, TR u OR los trabajos y activos requeridos para la incorporación o conexión del nuevo proyecto al SIN. Por otra parte, la gestión de las consignaciones que se requieran para la conexión del proyecto se realizará cumpliendo con los plazos y procedimientos previstos en la reglamentación vigente para la coordinación de consignaciones en el SIN.

3.3 Línea de tiempo

En esta sección mediante la tablas 3 y 4 se presenta una línea de tiempo que detalla el paso a paso de las actividades clave, los resultados y los plazos asignados a cada una de ellas en el proceso de conexión de una pequeña central hidroeléctrica al sistema eléctrico. Este cronograma se aplicará como herramienta de planificación para los desarrolladores de proyectos y el operador de la red para asegurarse de que se cumplan los plazos previstos de acuerdo con los plazos establecidos en las regulaciones existentes. Al detallar cada etapa desde la ingeniería conceptual hasta la puesta en servicio ayudará a delinear las responsabilidades de las partes involucradas y permitirá una integración organizada de los activos de generación, que se realizará de manera eficiente y ordenada

³⁴ Acuerdo CNO-1612, del 16 de septiembre de 2022, Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la puesta en operación de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional - STN, del Sistema de Transmisión Regional - STR, de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación". Anexo 1 artículo 7.1.7

Tabla 6 Línea de tiempo

Responsable	Actividades	Etapa de revisión documental e Ingenierías																				Etapa de revisión de pruebas, EACP preliminar y definitivo												Etapa de revisión de formatos y aprobaciones																																			
		11 meses antes de la FPO				10 meses antes de la FPO				9 meses antes de la FPO				8 meses antes de la FPO				7 meses antes de la FPO				6 meses antes de la FPO			5 meses antes de la FPO			4 meses antes de la FPO			3 meses antes de la FPO			2 meses antes de la FPO				1 mes antes de la FPO				1 mes después de FPO																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48																				
ESSA	1	Planimetría																																																																			
Promotor	2					Ingeniería conceptual																																																															
ESSA	3									Revisión de Ingeniería																																																											
Promotor	4									Ingeniería básica																																																											
ESSA	5									Revisión de Ingeniería																																																											
Promotor	6													Ingeniería de Detalle																																																							
ESSA	7													Revisión de Ingeniería																																																							
Promotor	8													Reunión																																																							
ESSA	9																	Entrega de Insumos																																																			
ESSA	10																					Reunión																																															
ESSA	11,12,13																									Revisión de EACP y pruebas de integración																																											
ESSA	14,15,16																																	Revisión de pruebas de protecciones																																			
ESSA	17,18																																									Revisión de Informes y pruebas de medida																											

Tabla 7 Actividades en la línea de tiempo

Etapa	Responsable	Actividades detalladas
Revisión documental e Ingenierías.	ESSA	1) Entrega de Planimetrías al promotor.
	Promotor	2) Entrega de Ingeniería conceptual.
	ESSA	3) Revisión de Ingeniería conceptual.
	Promotor	4) Entrega de Ingeniería básica.
	ESSA	5) Revisión de Ingeniería básica.
	Promotor	6) Entrega de Ingeniería de detalle.
	ESSA	7) Revisión de Ingeniería de detalle.
	Promotor	8) Reunión de inicio para solicitar los insumos para el desarrollo del EACP.
Revisión de pruebas, EACP preliminar y definitivo.	ESSA	9) Entrega de insumo para el desarrollo de EACP.
	ESSA	10) Reunión en subestación convocada por ESSA para dar los lineamientos de equipos existentes y SST al promotor.
	ESSA	11) Revisión de la versión 1 del EACP. 12) Revisión de pruebas de integración de activos al SCADA. 13) Revisión de pruebas de señalización 0,1,2, SAT y SAS.
	ESSA	14) Revisión de formatos SOE SCADA. 15) Revisión de pruebas de integración de los activos de conexión al centro de control SCADA e informes de resultados de pruebas conjuntas,

		diferencial de barra, estabilidad de la barra, y pruebas END to END.
		16) Envío de la carta firmada por ESSA.
Etapa de revisión de ESSA	ESSA	17) Revisión de informes de pruebas conjuntas y aprobación de resultados.
protocolos, formatos y aprobaciones.		18) Realización de pruebas al sistema de medida.
	ESSA	19) Emisión de certificado de aprobación a la conexión y capacidad de transporte asignada.
		20) Recepción y revisión de toma de datos para informe de calidad de la potencia.
		21) Visita de legalización de frontera de generación.
	ESSA	22) Realización de visita a Subestación para la verificación de las pruebas de energización.
		23) Fecha de puesta en operación del proyecto de generación.
		24) Recepción de ingeniería definitiva para el comisionamiento del proyecto.
	ESSA	25) Revisión de Informe de calidad de la potencia con los datos tomados de operación del proyecto de generación.

Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES

- El cumplimiento de la regulación y normativa aplicable para la conexión de una pequeña central hidroeléctrica es necesario para garantizar una operación segura y confiable del sistema eléctrico de potencia, impulsando así que se sigan procesos adecuados y seguros para respaldar la transición energética de Colombia.
- El rol del operador de red en la entrada en operación de este tipo de proyectos es crítico para la gestión de las conexiones, desde la revisión de la ingeniería conceptual hasta la supervisión de pruebas finales previas a la FPO.
- Se muestra la importancia de la coordinación entre los operadores de red y los promotores de proyectos de generación mediante pequeñas centrales hidroeléctricas, especialmente ante la regulación en constante evolución y desarrollo.
- Se destaca la necesidad de la estructuración de procesos que muestren una guía clara de los requerimientos y tiempos de entrega para cada etapa del proceso de conexión, facilitando la interacción entre ambas partes y consecuentemente, agilizando la entrada en operación de nuevos proyectos de este tipo.
- Se presentó un documento que junto con una línea de tiempo que sirve como una herramienta para ayudar a planificar la interconexión de pequeñas centrales hidroeléctricas con subestaciones eléctricas y programar adecuadamente las etapas, actividades, tiempos y requisitos requeridos. Al abordar tanto los requisitos técnicos como los administrativos, esta propuesta garantizará que el proceso sea eficaz y esté en armonía con lo que se prescribe actualmente. La guía elaborada también servirá como una herramienta práctica para que los operadores de red y los promotores de proyectos trabajen juntos en un espíritu de

colaboración y cumplimiento, que son muy importantes para integrar con éxito nuevos proyectos al sistema eléctrico nacional.

- La línea de tiempo propuesta es una herramienta fundamental para la planeación y control efectivo del proceso de conexión de pequeñas centrales hidroeléctricas al sistema eléctrico, ya que permite estructurar actividades, plazos y entregables tanto para el operador de red como para los promotores de los proyectos, de manera que cada etapa se cumpla en los plazos específicos establecidos por la normatividad vigente. Este enfoque en el que se presenta la información no sólo facilita la coordinación entre los actores principales, sino que también minimiza los riesgos asociados por demoras o incumplimientos, y por ende, apoya la integración más ágil y ordenada de los nuevos proyectos de generación al Sistema Interconectado Nacional.
- Se recomienda mantener a futuro una vigilancia regulatoria a las resoluciones que se emitan o modifiquen a las vigentes relacionadas a la conexión de este tipo de proyectos con el propósito de detectar posibles cambios en la información a presentar o los plazos de estos.

BIBLIOGRAFÍA

Resolución CREG-075, del 16 de junio de 2021. Por la cual se definen las disposiciones y procedimientos para la asignación de capacidad de transporte en el Sistema Interconectado Nacional. Disponible en: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0075_2021.htm.

Resolución UPME-528, del 31 de diciembre de 2021. Por la cual se establece el procedimiento para el trámite de solicitudes de conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN), se establecen disposiciones sobre la asignación de capacidad de transporte a proyectos clase 1 por parte de la UPME y se definen los parámetros generales de la Ventanilla Única. Disponible en: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_upme_0528_2021.htm.

Resolución CREG-025, del 24 de julio de 1995. Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Disponible en: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0025_1995.htm.

Acuerdo CNO-1612, del 16 de septiembre de 2022. Por el cual se aprueba la actualización del "Procedimiento para la puesta en operación de proyectos de transmisión que incluyan activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional (STN), del Sistema de Transmisión Regional (STR), de usuarios conectados directamente al STN, al STR y de recursos de generación". Disponible en: <https://www.cno.org.co>.

Informe de seguimiento a la evaluación del potencial hidroenergético. Subdirección de Energía Eléctrica – Grupo de Generación, marzo de 2023. UPME. Disponible en:

https://www1.upme.gov.co/siel/Seguimiento_potencial_hidroenergetico/Seg_Pot_Hidro_Mar2023.pdf.

Hidroenergía. Capítulo 1. Ingfocol Ltda. Disponible en: https://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p25-36.pdf.

Montes, S. (19 de febrero de 2019). Las plantas hidroeléctricas representan el 68% de la oferta energética en Colombia. La República. Disponible en: <https://www.larepublica.co>.

Informe hidrológico en Santander, septiembre de 2009. Gloria Hincapié y Jairo Veloza. Disponible en: https://Santurban.minambiente.gov.co/images/Pdf_santurban/Propuestas/FORME_HIDROGEOLOGICO_DEL_MACIZO_DE_SANTANDER.pdf.

Ley 2099 del 2021, 10 de julio de 2021. Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co>.

Ley 1715 de 2014, 13 de mayo de 2014. Congreso de Colombia. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co>.

Ley 142 de 1994, 11 de julio de 1994. Congreso de Colombia. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co>.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2020). Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. RAP-E. Disponible en: <https://regioncentralrape.gov.co>.

Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). (2001). IEEE recommended practice for protection and coordination of industrial and commercial power systems (IEEE Std 242-2001).

Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). (2005). IEEE Std C37.90: Standard for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus.

Cowhey, E., & Rossiter, A. (2016). Experiencia de una compañía eléctrica con las pruebas de extremo a extremo orientadas a la aplicación de los esquemas de protección del alimentador EHV. OMICRON.

Resolución CREG-038, del 20 de marzo de 2014. Por la cual se modifica el Código de Medida contenido en el Anexo general del Código de Redes. Disponible en: <https://gestornormativo.creg.gov.co>.

Resolución CREG-157, del 17 de noviembre de 2014. Por la cual se modifican las normas sobre el registro de fronteras comerciales y contratos de energía de largo plazo. Disponible en: <https://gestornormativo.creg.gov.co>.

Resolución CREG-070, del 28 de mayo de 1998. Por la cual se establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica. Disponible en: <https://gestornormativo.creg.gov.co>.

Resolución CREG-015, del 29 de enero de 2018. Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía

eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. Disponible en:
<https://gestornormativo.creg.gov.co>.

Resolución CREG-016, del 26 de febrero de 2007. Por la cual se modifica parcialmente la Resolución CREG 024 de 2005 que establece las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a la distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. Disponible en:
<https://gestornormativo.creg.gov.co>.