



## Revisión de criterios de confiabilidad del SIN

## Respuestas a Comentarios de Agentes del Sector Eléctrico

Medellín, Diciembre 19 de 2014

Doctor

**JAVIER AUGUSTO DIAZ VELASCO**

EXPERTO COMISIONADO CREG

Bogotá

**Asunto:** Contrato 2014-054 – Respuesta a comentarios Circular CREG 100/2014

Estimado doctor Díaz:

Según lo establecido en el contrato del asunto, se da respuesta a los comentarios realizados a la Circular CREG 100/2014.

Queremos resaltar el gran aporte que representan los comentarios recibidos para la implementación de los nuevos criterios de confiabilidad propuestos. Agradecemos el interés de todos los agentes sobre el tema de la confiabilidad de la operación del SIN, y el esfuerzo realizado para enviar los comentarios. Creemos firmemente en que el trabajo realizado se convertirá en una buena base para la definición de una nueva reglamentación sobre criterios de confiabilidad en la operación que tengan un impacto positivo sobre el costo de las restricciones y el riesgo en la operación.

A continuación, se listan las modificaciones más importantes realizadas al documento definitivo del Informe Final, el que recoge las observaciones realizadas a la Circular CREG 100/2014. Luego, presentamos la **“RESPUESTA A LAS COMUNICACIONES RECIBIDAS”**.

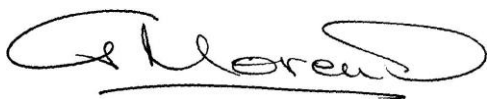
**MODIFICACIONES EN EL DOCUMENTO DEFINITIVO (Anexos 1 y 2 de la Circular CREG 100/2014):**

1. Integración de los dos anexos de la Circular CREG 100 de 2014 en un solo documento.
2. Modificación del resumen ejecutivo, que ahora incluye el resumen de los aspectos más importantes de la propuesta.
3. Se incluye un indicador de severidad por sobrecarga (SCC) y se desarrollan los conceptos teóricos y ejemplos de aplicación. Este indicador reemplaza el indicador de severidad-circuito (SN).
4. Nueva gráfica que permite dar una mejor interpretación al SSC.
5. Nueva gráfica de Probabilidad-Severidad con el indicador SSC.
6. Actualización de la gráfica de severidad, la fórmula y explicación.
7. Actualización de los resultados del RBSCED en el sistema de 9 barras.

8. Gráfica de balance costo-riesgo para observar la relación costo/beneficio del RBSCED en el sistema IEEE de 9 barras.
9. Sección de severidad por bajo voltaje para todos los despachos calculados: ED, SCED, y RBSCED con varios valores para Kr.
10. Sección de severidad y riesgo de colapso de voltaje para todos los despachos calculados: ED, SCED, y RBSCED con varios valores para Kr.
11. Dos propuestas para el cálculo del riesgo máximo en la definición del criterio basado en riesgo.

Quedamos atentos a cualquier aclaración adicional que consideren necesaria.

Muchas gracias por su atención y un abrazo,



Germán Moreno O.  
Representante legal

## RESPUESTA A LAS COMUNICACIONES RECIBIDAS

Las respuestas se presentarán en dos secciones: respuestas generales, que pretenden recoger las preguntas y comentarios más frecuentes y de más importancia, y los comentarios de detalle, que serán incluidos debajo de cada texto original.

### RESPUESTAS GENERALES:

1. **Convergencia con entre los criterios de confiabilidad de la expansión y operación.** Los criterios de confiabilidad propuestos en el documento de la Circular CREG 100, obedecen sólo a criterios para la operación del SIN. Compartimos la necesidad de que se identifique y se establezca la adecuada relación entre los criterios de operación y los criterios utilizados en la planeación de la expansión del SIN. Esto requiere de un estudio que está fuera del alcance del estudio contratado.
2. **Flexibilidad de los recursos térmicos.** La flexibilidad en la generación de los recursos a gas, es directamente afectada por la disponibilidad de este combustible. Compartimos la necesidad de gestionar la coordinación electricidad-gas para lograr una mayor flexibilidad de los recursos que generan con dicho combustible. Por otro lado, recordamos que la generación de seguridad se presenta tanto en recursos térmicos como en recursos hidráulicos, con lo cual el criterio correctivo propuesto sigue siendo válido.
3. **Estado del arte de las herramientas de optimización para la implementación de la propuesta.** Las herramientas de toma de decisiones, requeridas para la implementación de los criterios propuestos, están dentro del estado del arte, por lo cual es viable su adquisición o desarrollo por parte de El Operador. Se conocen experiencias internacionales exitosas en donde han sido utilizadas este tipo de herramientas en sistemas mucho más grandes y complejos que el colombiano. Además, se tiene conocimiento de herramientas desarrolladas por El Operador que son utilizadas actualmente y de otras que están desarrollando, lo que constituye un avance importante para lograr los objetivos propuestos en los criterios de confiabilidad. Herramientas como el ESTYRA y el ESVORA, rutinas desarrolladas en el lenguaje DPL del Power Factory y desarrollos con la herramienta VSAT, son referencias importantes que garantizan el éxito en el desarrollo de las nuevas herramientas. Se anota que durante el desarrollo del proyecto, El Consultor logró montar en poco tiempo prototipos funcionales de severidad por sobrecarga. Para la implementación de las fases 1 y 2 de la hoja de ruta, se pueden usar las herramientas utilizadas actualmente por El Operador. Los agentes y entidades del sector deben ser conscientes de que el proceso de cálculo de la confiabilidad requiere de una gran cantidad de cálculos manuales y automatismos. El Operador evalúa todas las contingencias N-K definidas y verifica en cada despacho y

redespacho, que se cumplan los criterios de calidad y seguridad definidos; este proceso se hace diariamente y para cada una de las horas del día. Además, en el análisis de mantenimientos, se repite este proceso para cada mantenimiento programado. Los criterios e índices propuestos apuntan a mejorar la eficiencia de estos procesos, el tiempo de ejecución y acciones. También apuntan a normalizar el proceso, de tal manera que se eviten subjetividades en los análisis.

4. **Complejidad de los criterios propuestos.** El Consultor considera que los criterios de confiabilidad propuestos son simples en su definición. Estos se diseñaron en función de los criterios utilizados actualmente por El Operador y criterios propuestos en la literatura internacional (ver referencias [59,60,64,67]). Cabe destacar que para el desarrollo del criterio propuesto se contó con la participación del Dr. James McCalley, integrante del equipo consultor y líder mundial en el tema de la confiabilidad de los sistemas eléctricos, de tal forma de contar con el diseño de un criterio robusto orientado a los objetivos propuestos. El consultor considera que para el análisis y apropiación de los criterios propuestos se requiere el trabajo conjunto entre el Regulador, el Operador y los Agentes.
5. **Simulación de casos reales.** El Consultor considera que sin pérdida de generalidad los criterios propuestos se pueden implementar en casos reales. Sin embargo, la implementación de los criterios propuestos sobre un caso real requerirá de un proceso de ajuste y sintonización con el sistema modelado por el Operador. Lo anterior escapa a los tiempos establecidos para el desarrollo del presente estudio. En el informe se identifican casos puntuales de una sola área operativa y solo para la variable de severidad por sobrecarga. Estos análisis mostraron bondades desde el punto de vista económico. Análisis completos de beneficio-costos fueron incluidos en la nueva versión del informe (numeral 4.2.3), para un sistema de 9 barras. Los resultados muestran grandes beneficios teóricos al aplicar el criterio propuesto. Compartimos la necesidad de ilustrar los beneficios, con análisis adicionales e incluyendo la disposición a pagar por ellos, antes de iniciar la fase 4 de la hoja de ruta, en los que también se consideren diferentes escenarios de precios de oferta.
6. **Definición de Procedimientos detallados.** Como parte del trabajo realizado, se propone el procedimiento para calcular las curvas de probabilidad-severidad y las fronteras entre correctivo y preventivo; también, la metodología para el cálculo del riesgo máximo fueron incluidas en la última versión del documento (numeral 4.2.3.3). Consideramos que los procedimientos detallados para la aplicación de los criterios propuestos deben ser producto de un trabajo conjunto entre El Operador y los agentes del mercado.
7. **Gradualidad en la aplicación de los criterios propuestos.** En la hoja de ruta del documento (numeral 4.3), se plantea una gradualidad en el sentido de ir

implementando los criterios por fases. También se menciona que inicialmente, y mientras El Operador y el sector se apropian del procedimiento y evaluación del índice de riesgo, se realice un análisis preventivo de todos los eventos y luego se empiece a mover la zona de correctivo gradualmente. Por tanto, compartimos la necesidad expresada por algunos agentes en referencia a la necesidad de proponer una entrada gradual de los criterios de confiabilidad propuestos.

8. **Nuevos parámetros técnicos de corta duración.** Estos nuevos parámetros son necesarios para la correcta implementación del criterio correctivo. Se recomienda que se realice la gestión necesaria por parte de El Operador y los agentes del mercado, para revisar el tema y en lo posible definir procedimientos para la actualización. En el documento se plantean aspectos técnicos importantes para tener en cuenta, basados en normas internacionales y literatura relacionada (numeral 5.2).
9. **Cálculo de probabilidades de falla.** El éxito de la aplicación del criterio probabilístico propuesto depende del análisis de severidad de las contingencias y de su probabilidad de falla asociada. Recogiendo los aprendizajes del pasado, en donde se definieron probabilidades de falla basadas sólo en los eventos históricos, que no representaban de una manera adecuada la probabilidad de falla en la operación, se planteó una metodología más robusta con el fin de incluir señales de corto plazo dentro del cálculo de probabilidad de contingencias (para el corto plazo). Esta metodología es tomada de la experiencia investigativa del Dr. James McCalley, integrante del equipo Conoser-RightSide (Ver referencias [63,66] del informe). Queda a criterio de la CREG la determinación de su viabilidad para la implementación

#### RESPUESTA A LAS COMUNICACIONES RECIBIDAS DE CADA AGENTE:

A continuación se identifican las empresas y/o entidades que realizaron comentarios al documento publicado en la Circular CREG 100 de 2014.

ID	Empresa	Representante	Folios	Fecha
E-2014-012406	Empresas Públicas de Medellín	Blanca Liliana Ruiz Arroyave Directora Regulación	5	05/Dic/2014 – 17:41:40
-	XM	Luis Alejandro Camargo Suan Gerente General	3	05/Dic/2014 – 16:30
201400032227	EPSA	Germania Cortes Giraldo Gerente Administración Regulatoria	4	09/Dic/2014
-	EMGESA	-	1	-
-	Electricaribe	Carmen Illán Gómez	2	09/Dic/2014

		Gerente Regulación y Tarifas		
E-2014-012494	Consejo Nacional de la Operación	Alberto Olarte Aquirre Secretario Técnico	4	09/Dic/2014 – 17:41:56
E-2014-012493	ASOCODIS	Juan Camilo Manzur Director Ejecutivo	2	09/Dic/2014 – 17:38:17
A-344-09-12-2014	ACOLGEN	Ángela Montoya Holguín Presidenta Ejecutiva	4	09/Dic/2014
GC-138-14	Codensa	David Felipe Acosta Correa Gerente General	2	-
8487-14	Gecelca	Eduardo Ramos Bustamante Jefe de Área Regulación Comercial	2	05/12/2014 – 18:36:00
E-2014-012551	ISAGEN	Luis Fernando Rico Pinzón Gerente General	3	10/Dic/2014 – 11:02:33
E-2014-012559	ISA-INTERCOLOMBIA	Julián Cadavid Velásquez Gerente General	9	10/Dic/2014 – 11:48:24

## EPM

*“... a). El incorporar criterios probabilísticos a la operación es una propuesta sana y con objetivos convenientes, pero su implementación debe ser un proceso que no sea demasiado complejo y distante de aplicar en la realidad, por lo que reiteramos la necesidad de encontrar un criterio más sencillo de exposición al riesgo, que puede ser tan simple como definir una probabilidad a partir de la cual deben cubrirse la ocurrencia de contingencias.”*

**Se entiende la necesidad de plantear un método sencillo para incluir el riesgo. Sin embargo, el riesgo no queda cuantificado si solamente se utiliza la probabilidad de ocurrencia de una contingencia. Por tal razón, es necesario cuantificar el impacto o consecuencia de una contingencia para efectivamente determinar el riesgo de una serie de decisiones operativas como el despacho. Si únicamente se considera un nivel mínimo de probabilidad para identificar una contingencia, se podrían estar ignorando contingencias de alto impacto con probabilidad de ocurrencia baja, lo cual es inadecuado para la operación de los sistemas de potencia por el alto riesgo que esto representa. Ver respuesta general 4.**

*“... b). El Incorporar la probabilidad de ocurrencia de contingencias con señales del corto plazo como el clima, puede distorsionar el criterio probabilístico. Es importante considerar que en la historia de indisponibilidades de las líneas de transmisión, está incorporada la parte asociada al clima.”*

**El Consultor está de acuerdo con el hecho de que la información histórica efectivamente está relacionada con señales de corto plazo como el clima. De hecho, el modelo de cálculo de tasa de fallas que se plantea establece**

estadísticamente dicha dependencia. Esto permite que una vez ajustado el modelo que relaciona la tasa de fallas con las señales de corto plazo, se puedan tener estimaciones de probabilidades de falla más realistas para la operación. Es claro que si una línea de transmisión opera en una zona con tormenta eléctrica, su probabilidad de falla aumenta. Usar únicamente la información histórica es más útil para la planeación de la expansión. Ver respuesta general 9.

*“... c). Es fundamental cerrar la convergencia de la planeación probabilística de la operación con la metodología de la planeación de la expansión, pues podría entregarse una red demasiado, robusta desde la expansión, para la red que en realidad necesitaría la operación al realizar análisis probabilísticos en la planeación de la operación. Esta observación incluye la planeación de la expansión que realiza la UPME y la de los estudios de conexión que se presentan ante ella.”*

**El consultor está de acuerdo con el comentario en el sentido que es necesario buscar convergencia entre los criterios de confiabilidad usado en la planeación de la expansión, con los usados en la operación del SIN. Ver respuesta general 1.**

*“... d). Aumentar los criterios de seguridad del sistema, como cerrar la banda de voltaje operativos, o el contemplar contingencia de salida de barrajes, puede llevar a tener sobrecostos más altos e incluso desbordados que los actuales, aunque se apliquen con criterios probabilísticos. Vale la pena pensar en el nivel de seguridad y confiabilidad, que la demanda está dispuesto a pagar.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario referido al tema de cerrar las bandas de voltaje y de los análisis beneficio-costos en los criterios de confiabilidad. En cuanto a considerar dentro de los eventos posibles salidas de subestaciones, consideramos que es un tema importante a tener en cuenta si la probabilidad de falla de que el evento ocurra es alta.**

*“... 1. Criterio de Confiabilidad N-K preventivo-correctivo*

*Consideramos que es una propuesta valiosa pero que para su materialización deben considerarse algunos elementos como:*

*a). La severidad de una contingencia está asociada a un escenario de generación demanda-topología, así una contingencia puede ser severa para un escenario y en otro ya no serlo. Según lo anterior se necesitarían cálculos constantes de nivel de severidad. ...”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario en el sentido que es necesario ejecutar análisis de severidad para los diferentes escenarios de la operación. Ver respuesta general 3 y 4.**

*“... b). Criterio para determinar si una contingencia es preventiva o correctiva: No es adecuado dejar tan abierta su formulación, a que sea por ejemplo el operador del sistema quien defina los niveles que delimitarían dicha clasificación, pues podría caerse de nuevo en*



*una operación extremadamente conservadora al aplicar subjetivamente un criterio probabilístico por alguien con alta aversión al riesgo. ...”*

**El Consultor considera importante que los criterios propuestos sean implementados en forma gradual. Por esto se plantea que la zona de delimitación entre eventos correctivos y preventivos debe comenzar también de forma gradual, es decir, inicialmente todos los eventos serán preventivos y poco a poco se debe ir moviendo la zona para incluir eventos de baja probabilidad y severidad como correctivos. Ver respuesta general 6 y 7.**

*“... c). Antes de cualquier implementación en tiempo real sería ideal hacer análisis paralelos que pueden realizarse posoperativamente, comparando las generaciones de seguridad obtenidas en la operación real con el criterio determinístico tradicional, y contra las obtenidas teóricamente si se hubiese aplicado criterio de confiabilidad N-K preventivo-correctivo. De cualquier modo, se ve complicado llegar a determinar cuáles son los valores ideales de riesgo bajo esta metodología en los cuales se desearía operar, por lo que cabe preguntarse si se podría pensar en condiciones más simples como cubrirse sólo ante contingencias con un nivel de probabilidad determinado de ocurrencia. ...”*

**El Consultor está de acuerdo con la primera parte del comentario en la que se plantean análisis de casos presentados con la nueva metodología. Ver respuesta general 5. En cuanto a la determinación del valor ideal de riesgo, se proponen dos formas de calcularlo en la nueva versión del documento (numeral 4.2); y la complicación para el efecto, se puede ir resolviendo a través de la hoja de ruta propuesta (numeral 4.3).**

*“... También se considera valioso este criterio, al igual que en el criterio de confiabilidad N-K preventivo-correctivo, pero caben las mismas observaciones hechas anteriormente a dicho criterio, acerca de:*

- a) La dependencia de los escenarios operativos en los niveles de severidad.*
- b). El quién y cómo se define el nivel de riesgo al que se desea cubrir*
- c).Y los análisis comparativos con casos reales qué deben hacerse antes de su implementación. ...”*

**Ver respuestas anteriores a las mismas observaciones.**

*“... Adicionalmente, según el estudio, el despacho tendría restricción adicional una relacionada con la probabilidad de riesgo de los elementos y su impacto en el sistema. No obstante, es una evolución positiva respecto al criterio actual ya que permite administrar el nivel de riesgo y se hace explícito el costo para el sistema de un aumento o disminución en el nivel de riesgo asumido. ...”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de considerar la probabilidad de falla en los análisis de la confiabilidad en la operación y son incluidos en los criterios de confiabilidad propuestos.**

*“... 3. Observaciones para mejorar la confiabilidad de la operación del SIN*

*a) Vemos conveniente la incorporación de nuevos parámetros de emergencia, pues impacta positivamente la operación al permitir disminuir restricciones a partir de un uso más riguroso de la capacidad de los conductores. ...”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de incorporar nuevos parámetros. Ver respuesta general 8.**

*“... b). El uso del "IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors" debe realizarse con la versión aprobada el 19 Octubre de 2012 y no con la de 1993, Además, debe analizarse y concertarse con los diferentes agentes cómo llevar a la práctica como sector esta norma, dado que el alcance planteado en ella no recomienda condiciones climáticas o parámetros de conductor adecuados para el uso en los cálculos de capacidad de conductores. También debe discutirse el mecanismo planteado de auditorías sobre los valores declarados, por los posibles costos asociados y la periodicidad de ellas. ...”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario sobre la necesidad de definir conjuntamente los procedimientos para la definición de los nuevos parámetros. Se incluirá la norma relacionada en la nueva versión del documento (numeral 5.2). Los procedimientos para determinar los nuevos parámetros y mecanismos de auditoría, quedan fuera del alcance del presente contrato. Ver respuesta general 8.**

*“... c). Se requiere un análisis aparte sobre la declaración de parámetros de emergencia de transformadores, pues en el documento no se plantea una alternativa concreta alrededor de ello. ...”*

**Ver respuesta anterior.**

*“... d). Los recursos no despachados centralmente, como la generación distribuida y aquellos que son intermitentes, dificultan la planeación y la operación del SIN, por lo tanto la propuesta de tenerlos en cuenta en los análisis de confiabilidad es positiva para el sistema.*

*Consideramos que se deberían tener en cuenta en los análisis de seguridad y confiabilidad de planeamiento utilizando la metodología del 95PSS para determinar su energía firme. En la operación del día no deben presentar desviaciones significativas respecto a la disponibilidad que declaren.*

*Adicionalmente, consideramos que el sector debe prepararse para considerar en los análisis de seguridad y confiabilidad, la variabilidad de las fuentes no convencionales de energía tales como la eólica y la solar. En países donde ellas han tenido altos grados de penetración se han utilizado por ejemplo modernas herramientas de pronóstico...”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de manera general, anotando que se ha propuesto tener en cuenta es la potencia 95 PSS ya que se refiere es a la**

**planeación del despacho y no de la expansión; no se refiere a la normativa de energía firme.**

*“... e). Implementación de un proceso de reoptimización del despacho programado:*

*Consideramos que desde ya puede implementarse este mecanismo, ya que esto va en línea con recomendaciones previas que se le han realizado a XM y ejemplificado con casos reales en el sentido de que cuando se cope un corte, no se debe proceder inmediatamente a programar seguridad o a limitar generaciones, pues realmente debe precederse a hacer “un doble click” y observar si realmente los elementos han sobrepasado los límites de cargabilidad, pues es común en esquemas desregulados encontrar elementos con altos flujos de reactiva sobrecargando elementos, los cuales pueden ser manejados por medio de control de voltaje. ...”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario sobre la verificación de los cortes eléctricos. Se aclara igualmente que el flujo de reactiva es validado diariamente por El Operador con herramientas especializadas de flujos de carga AC.**

*“... f). Programación de reserva operativa en el despacho económico: Tomando definiciones del Código de Operación Resolución CREG 025 de 1995 se tiene que:*

*Reserva operativa: Es la diferencia entre la suma de las capacidades disponibles de las unidades generadoras y la suma de la generación programada de las mismas en la hora considerada.*

*Reserva rodante: Es la parte de la reserva operativa ubicada en las plantas que están operando y pueden responder a cambios de generación en períodos hasta de 30 segundos.*

*Para la programación de una reserva operativa en el despacho, deben definirse con claridad condiciones tales como:*

- *El tipo de reserva requerido, es decir, definir si se requiere reserva “fría”, reserva rodante o ambas.*
- *Establecer la metodología para la remuneración del agente.*

*En todo caso la programación de reserva operativa podría ser el resultado de un análisis del riesgo de perder un recurso programado en el despacho, incluyendo elementos de probabilidad de falla.*

*En la actualidad el sistema cuenta con reserva fría de las plantas hidráulicas que quedan marginales o fuera de mérito; si se quiere contar con reserva de plantas térmicas, por los tiempos de aviso que requieren para poder entrar a generar los cuales son de varias horas, se necesitaría ponerlas como reserva rodante para que entre rápido a generar, lo cual elevarla significativamente los costos del sistema que finalmente son asumidos por la demanda.*

*El hecho de que el margen de AGC se disminuya, no es una razón para desde antes tener reserva operativa adicional, pues precisamente es función de AGC compensar las variaciones lentas y rápidas de la demanda. Si el margen de AGC se disminuye mucho, para ello existe el recurso de los redespachos y nuestro sistema que tiene preponderancia de recursos hidráulicos puede fácilmente asumir los redespachos y asumir los costos del redespacho y no asumir sobrecostos previos por reserva rodante.*

*Por las anteriores razones no vemos conveniente esta propuesta. ...”*

**La recomendación de incluir reserva operativa en el despacho como una restricción adicional en el despacho, surge de la necesidad de cubrir ciertos casos de despacho en donde, justamente, no queda la suficiente reserva fría en plantas hidráulicas. Actualmente cuando se presentan estos casos, El Operador redespacha recursos para contar con dicha reserva. El Consultor considera que la propuesta de incluir reserva operativa en el despacho es conveniente.**

*“... g). Considerar recursos de pruebas autorizadas en el despacho (solo 1 unidad en pruebas y el resto disponibles para pruebas autorizadas en los análisis de confiabilidad y seguridad).*

*Como menciona el consultor, con esto se podría contar con mayor disponibilidad de generación de plantas hidráulicas para atender seguridades y por ende redundante en reducción de costos para el sistema.*

*De acuerdo con la regulación vigente, cuándo un agente declara pruebas para una o algunas unidades; de una planta de generación, si estas son aprobadas por el operador del sistema (XM), entonces toda la planta queda en pruebas con autorización a desviarse respecto a la disponibilidad declarada. Lógicamente desde el punto de vista de la confiabilidad es deseable contar con aquellas unidades de la planta que no estén en pruebas, pero se tienen las siguientes dificultades:*

- *Algunas plantas tienen fronteras comerciales compartidas para varias unidades de generación, lo cual no permitiría identificar la energía de la unidad en pruebas de la energía de las unidades que no quedan en pruebas.*
- *Deben realizarse reformas regulatorias que permitan que un mismo recurso sea despachado en mérito y a la vez tenga un despacho en pruebas autorizadas a desviarse, Además, se necesitaría establecer nuevos criterios para determinar la disponibilidad comercial de las plantas que tienen unidades en pruebas lo cual cambiarla la forma como se hace la liquidación. Esto implica cambios importantes en los procesos de oferta, despacho, medición y liquidación del mercado.*

*Como propuesta intermedia o transitoria se propone que se admita que en los análisis diarios para determinar las generaciones de seguridad, se tenga en cuenta la generación de las unidades que no estén en pruebas.*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario, en el sentido de que es un tema complejo de manejar por sus incidencias en la liquidación. No está en el alcance de**

**este estudio, pero se recomienda estudiar en detalle este tema en un trabajo futuro.**

*“... h). Maniobras en tiempo real: Compartimos la recomendación de revisar la reglamentación asociada a las maniobras en tiempo real para que los OR tengan las señales apropiadas que los motiven a cumplir con los tiempos de apertura y cierre programados, pero consideramos que debe hacerse a la luz de la reglamentación de calidad vigente para los STR, que incentive a optimizar los mantenimientos e incluso terminar antes de los horarios programados. ...”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario y plantea en el numeral 5.8 del documento definitivo, la necesidad de revisar el tema.**

*“... i). Reducir los periodos horarios en el despacho y redespacho: Puede ser viable, pues en otros mercados se tienen despachos con tiempos menores a una hora. XM debe evaluar los beneficios y costos de implementar esta medida dada las implicaciones cambios en todo el proceso de oferta, despacho y liquidación del mercado. ...”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario y plantea en el numeral 5.9 del documento definitivo, la necesidad de revisar el tema.**

## **XM**

*“... No obstante lo anterior, en el documento de propuestas publicado no se han incluido algunos aspectos relevantes que consideramos deben abordarse en una propuesta integral de dichos criterios, entre ellos:*

- 1. Definición de los procedimientos objetivos para que el Centro Nacional de Despacho aplique los criterios de seguridad y confiabilidad.”*

**Ver respuesta general 6.**

*“... 2. Consideraciones adicionales a las técnicas para la determinación del riesgo admisible, como son las económicas y de política, que permita reflejar el balance entre el costo de la seguridad y confiabilidad versus la disposición a pagar por la misma.”*

**Ver respuesta general 5.**

*“... 3. Definición de criterios de calidad del voltaje y frecuencia diferenciados para situaciones normales y de contingencia.”*

**El Consultor considera que esta definición está fuera del alcance del presente contrato.**

*“... 4. Compatibilidad entre los criterios de operación y aquellos utilizados por la UPME y los Operadores de Red para la expansión del SIN. “*

**Ver respuesta general 1.**

*“... Los comentarios generales al documento indicado son:*

*1. La posibilidad de no programar generación de seguridad para cubrir ciertas contingencias dependerá, además de la capacidad de sobrecarga de los equipos del SIN, el disponer de recursos lo suficientemente flexibles y que respondan en los tiempos requeridos para que el CND pueda tomar las acciones correctivas en tiempo real.*

**Ver respuesta general 2.**

*“... 2. Para determinar las contingencias a tratar como Preventivas o Correctivas es necesario definir una serie de parámetros de referencia como: mínimo número de circuitos a permitir sobrecarga, probabilidad mínima a considerar sea materializable y valor cuantitativo de la función de severidad asociada a la sobrecarga.*

*Considerando el papel que asume el CND en la definición de dichos parámetros para la operación segura y confiable del SIN, solicitamos se defina de manera objetiva el valor o el procedimiento mediante el cual el Operador define los mencionados parámetros.”*

**Ver respuesta general 6.**

*“... 3. Se plantea que a más largo plazo, dos (2) años, se incorpore en la formulación del Despacho Económico una restricción asociada al riesgo, siendo necesario definir una serie de parámetros como: el nivel de riesgo máximo y los valores de Kc y Kr. Por ello, solicitamos se defina el valor o el procedimiento objetivo mediante el cual el CND define los mencionados parámetros. ...”*

**Ver respuesta general 6.**

*“... De otra parte, en la presentación que se efectuó al estudio en la ciudad de Bogotá, entendemos se propuso que estos valores se determinen de manera similar a la metodología que en su momento se aplicó para el VERPC. Respecto de lo anterior, no identificamos que el sentido de los parámetros indicados (riesgo máximo, Kc, Kr) guarde consistencia con los valores de VERPC que se proponen utilizar.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario sobre la inconsistencia en el cálculo del riesgo máximo presentada en el taller. Se incluyó una mejora del criterio planteado en el numeral 4.2 de la versión final del documento.**

*“... 4. En principio, la consideración de un nivel de riesgo debería corresponder a una evaluación técnico económica y de política, que indique el balance adecuado entre el costo de la seguridad y confiabilidad a suministrar versus la disposición de pago por la misma. Para lo anterior, debe ser claro que bajo dicha concepción se tolera que ante ciertas contingencias materializables la demanda no se pueda atender en su totalidad, así se disponga de recursos para cubrir preventivamente dicha contingencia.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario sobre la posibilidad de que bajo la aplicación del criterio de confiabilidad basado en riesgo se presenten eventos que**

**por su baja probabilidad y severidad no generen restricciones adicionales en el sistema.**

*“... 5. En adición a la consideración de las sobrecargas de los equipos del SIN, deberá especificarse la forma objetiva en que el CND aplicará los criterios propuestos a los niveles de tensión y estabilidad de la tensión en el SIN. Adicionalmente, no identificamos que en el documento se aborden las propuestas para el tratamiento de la estabilidad angular durante las contingencias.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario sobre la consideración de la severidad medida en términos de baja tensión y estabilidad. Se incluyó una sección adicional en la versión final del documento que aborda el tema de la severidad por baja tensión (numeral 4.2.3.4) y estabilidad de voltaje (numeral 4.2.3.5); no se incluyó el de estabilidad angular por limitación de tiempo del proyecto.**

*“... 6. Respecto de considerar variables climáticas en las evaluaciones de probabilidad de fallas de los elementos del SIN, será necesario definir claramente los procedimientos que seguirá el CND para tal fin; así como de dotar al mismo de las herramientas tecnológicas para desarrollar esta función.”*

**Ver respuesta general 9.**

## **EPSA**

*“... Resaltamos la importancia de abordar el análisis de los criterios de confiabilidad en la operación del SIN, aspecto que consideramos tiene un gran espacio de mejora en cuanto a la posibilidad de una operación más eficiente y la cual en nuestro criterio requiere acercarse a los criterios con que se planea y se desarrolla la expansión del sistema.*

*De manera general coincidimos con las dos metodologías que consideran el nivel del impacto y la probabilidad de ocurrencia del riesgo identificado, las cuales tienen relación con los criterios de expansión que están definidos en el código de redes y sus recientes modificaciones. ...”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario en que un nuevo criterio de confiabilidad en la operación debe incluir la probabilidad de falla de los equipos. Ver respuesta general 1.**

*“... Dado que desde la ley 142 y 143 de 1994 se definió como un principio la eficiencia en el costo del servicio, consideramos muy razonable que los criterios de operación del SIN no necesariamente busquen la condición de cero probabilidad de demanda no atendida a cualquier costo, aun cuando la probabilidad de ocurrencia sea muy baja o el costo para evitar dicha desatención represente un costo muy superior incluso al costo de racionamiento. En este sentido, los costos de la componente de restricciones tienen un espacio muy amplio*



para su reducción. Lo anterior, sin dejar de lado las señales que permitan aumentar los esfuerzos en la expansión de infraestructura del SIN ...”

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de considerar la probabilidad de falla en los análisis de la confiabilidad en la operación y son incluidos en los criterios de confiabilidad propuestos.**

*“... De otro lado, del análisis del documento vemos que no se abordan algunos aspectos que desde la eficiencia y confiabilidad del sistema pueden tener un gran impacto, tales como:*

*Esquemas Suplementarios: La implementación de esquemas suplementarios o reconfiguraciones automáticas que si bien hoy se utilizan como una última instancia, se ha demostrado que bien implementados permiten una operación segura y evita costos importantes. En el suroccidente del país se tuvo un caso reciente, en el cual debido a una reconfiguración del Operador de Red Pereira, el análisis del despacho ordenaba como generación de seguridad plantas costosas como Termovalle o Termoemcali y en otras ocasiones a las plantas de Calima y ALBAN, desoptimizando el recurso hídrico de estas plantas previo a una amenaza de Niño. Finalmente se logró la implementación de un esquema de reconfiguración automática a nivel del SDL en dicho sistema que no producía demanda no atendida y evitó del orden de \$2.000 millones diarios de sobre costos por generación de seguridad, sin embargo no fue fácil dado que el reglamento de operación ni el de expansión los contempla.*

*En este sentido, no es claro si este tipo de esquemas hace parte de la propuesta del recurso “reconfiguración de la red de transmisión” realizada por el consultor, por lo que sería conveniente que la CREG regulara el uso de estos esquemas, no solo en el STN, y que en todos los casos han permitido reducir los costos de operación del SIN al evitar el despacho de generación de seguridad.”*

**El Consultor está de acuerdo con la importancia de la implementación de esquemas suplementarios. Sin embargo, aunque estos esquemas han mostrado sus bondades en la reducción de restricciones, no deben convertirse en la solución definitiva de los problemas de restricciones. Estos esquemas hacen la operación más compleja y llevan a otros riesgos en la operación del SIN.**

*“... Esquema de ofertas de plantas térmicas y flexibilidad del gas en redespachos: Un aspecto que limita la flexibilidad en el despacho es que bajo la reglamentación actual, las plantas térmicas solo pueden realizar la oferta de una configuración para su disponibilidad declarada.*

*Las plantas térmicas, en especial las de ciclo combinado, dentro de sus características declaran como parámetros diferentes tipos de configuraciones, dentro de las cuales la correspondiente a su capacidad máxima implica un mínimo técnico de operación alto; debido a esto, cuando el CND requiere una generación térmica muy inferior al mínimo técnico de dicha planta, necesariamente debe despachar el valor total del mínimo técnico causando mayores costos. Esto ocurre porque aunque la planta puede operar con una*



*configuración que permite un mínimo técnico inferior, el agente no los puede declarar para el despacho. En este sentido un aspecto importante es la posibilidad que el despacho tenga disponibilidad de utilizar las diferentes configuraciones, mediante la oferta de los agentes de sus diferentes opciones.*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario sobre la inflexibilidad actual de las plantas térmicas debidas a la disponibilidad de gas. Sin embargo, este tema está fuera del objeto y alcance del presente contrato.**

*“... De otro lado, se requiere solucionar la inflexibilidad que presente el sistema de transporte de gas natural dado por los tiempos del RUT para renominaciones requeridas para tender los redespachos en el sector eléctrico. Esta dificultad en la coordinación gas-electricidad, la cual se dificultará aún más con la eventual aplicación de penalizaciones por variaciones en la salida por parte de los remitentes de gas, afecta la operación y confiabilidad del SIN, por lo que se deben implementar esquemas tales como parqueo de gas en el sistema de transporte o similares que solventen este inconveniente.”*

**Ver respuesta general 2.**

*“... En la consideración de programación de la reserva operativa se debe contar con las previsiones requeridas para no incrementar los costos de operación del SIN*

*Si bien, las metodologías planteadas buscan una operación eficiente, la cual se logra con integrar el criterio de probabilidad de ocurrencia del evento, la valoración del impacto de todas las posibles contingencias, de ser subjetivo el análisis, podrían llevar a un resultado diferente y es el de encarecer más el despacho económico. En este sentido, es fundamental que la metodología de valoración del impacto sea clara y trazable por parte de todo el mercado para evitar una reducción en la simetría de la información entre operador y agentes.*

*Por lo anterior, la modificación al modelo del despacho económico en función del nuevo esquema debe poder ser replicable por los agentes, para lo cual es necesario que la reglamentación del mismo establezca las condiciones de difusión y publicación de la información diariamente.”*

**El Consultor está de acuerdo en que las metodologías y procedimientos resultantes de los criterios de confiabilidad planteados, sean claros y reproducibles. Ver respuesta general 3.**

*“... La inclusión de recursos adicionales para los análisis de confiabilidad, seguridad y calidad en la operación del SIN tales como movimientos de TAPS en transformadores, FACTS, recursos de generación, respuesta de la demanda, reconfiguración de la red de transmisión, EDAC y nuevos equipos (como Energy Storage System - ESS), sin lugar a dudas permitirán contar con una gran variedad de alternativas que permitan mejorar la confiabilidad del sistema. No obstante, su integración al sistema debe evitar el incremento los costos de operación.”*

**El Consultor está de acuerdo en que para la incorporación de nuevos equipos al SIN, es necesario hacer estudios técnico-económicos que garanticen su viabilidad financiera.**

*“... Consideramos acertado que se incluyan en los análisis eléctricos del despacho, la potencia que normalmente entregan las Plantas No Despachadas Centralmente las cuales, adicionalmente sería recomendable tener la supervisión ya sea desde los Centros Locales de Distribución - CLD y/o los Centros de Supervisión de los OR o desde el CND.”*

**El Consultor está de acuerdo con la consideración de las plantas no despachadas centralmente en la confiabilidad. En el numeral 5.4 del documento final, se plantean algunas recomendaciones. Consideramos adicionalmente que es ideal contar con equipos de supervisión de dichas plantas que permitan un mejor control.**

## **EMGESA**

*“... En todo caso, sugerimos que este tipo de medidas esté acompañada de un análisis beneficio/costo, con el objeto de identificar que efectivamente la reducción de restricciones y costos, compense los esfuerzos en información y en la valoración de reducción de vida útil de líneas y transformadores, sin poner en riesgo la estabilidad del sistema. ...”*

**Ver respuesta general 5.**

*“... De forma complementaria, sugerimos que al momento de adoptar esta medida se establezca una gradualidad, donde mediante la adopción de algunos indicadores de operación públicos, se llegue al punto óptimo de operación que garantice el cumplimiento de los objetivos.”*

**Ver respuesta general 7.**

## **ELECTRICARIBE**

*“... En primer lugar, y con respecto a los procedimientos que se aplican actualmente, queremos hacer la anotación de la necesidad de convergencia entre los criterios utilizados para la planeación del sistema y aquellos utilizados para la operación. Actualmente son divergentes pues en los procesos de planeación para los Sistemas de Transmisión Regional - STR se contempla un criterio n-1 mientras que para la operación se considera el fallo de n-k elementos. Esto origina situaciones extremas, por ejemplo, de solicitar racionamiento de demanda para cubrir el fallo de una línea estando en condición de n-2 ya sea por una actividad programada o una avería. Incluso recomendamos que se tengan en cuenta criterios como la disposición a pagar de los usuarios para no llevar a una condición de*

*insuficiencia financiera de dicho mercado por las obras y/o penalizaciones que pueden derivar de la aplicación de una nueva metodología para evaluar la confiabilidad.”*

**Ver respuesta general 1.**

*“... Con respecto a la propuesta del Consultor -Consortio Conoser-Rightside-, Electricaribe resalta y acompaña la inclusión de análisis probabilísticos dentro del proceso metodológico de análisis y determinación de contingencias y no solo el contemplar un enfoque determinístico. De esta forma se debe llegar a una operación más eficiente del sistema sin llegar a sacrificar la confiabilidad y seguridad de éste.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de considerar la probabilidad de falla en los análisis de la confiabilidad en la operación y esto está incluido en los criterios de confiabilidad propuestos.**

*“... Por otra parte, valoramos la realización del estudio que recoge el análisis de los criterios de confiabilidad utilizados en la operación del SIN, una revisión bibliográfica y comparación de prácticas internacionales, así como la formulación de nuevas propuestas metodológicas. Sin embargo, independientemente de las bondades que presenta la metodología propuesta, el estado del arte en cuanto a los paquetes informáticos de análisis de potencia no permiten la ejecución de los algoritmos planteados, con lo cual, como el mismo consultor lo señala, es cuestionable la implementación de la propuesta.”*

**Ver respuesta general 3.**

*“... En relación con las propuestas complementarias del documento, para la realización de los análisis de confiabilidad de operación del SIN, el consultor propone contemplar la generación de las plantas menores no despachadas centralmente. Creemos que esta misma recomendación debería ser aplicada dentro de la metodología de planeación de expansión del sistema pues puede llevar a que las necesidades de implantación de infraestructura sean menores optimizando la ejecución de inversiones, más aún, en el contexto de la implementación de la Ley de Renovables donde existen incentivos para este tipo de proyectos de generación distribuida.”*

**Ver respuesta general 1.**

*“... Y por otra parte, en cuanto a la introducción de mecanismos de respuesta de demanda, Electricaribe acompaña la implementación de señales de precios a través de opciones tarifarias que contribuyen con la optimización del uso de la infraestructura y la reducción de la punta de demanda del sistema. Sin embargo, es preciso que estas iniciativas sean cuidadosamente diseñadas con el objetivo de no afectar la retribución de los agentes de transmisión y distribución, más aún, al plantearse para periodos fuera de situaciones de hidrología crítica.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de evaluar la alternativa de implementar nuevos recursos para mejorar la confiabilidad en la operación del SIN. Este tema se abordó en el numeral 5.3 del documento definitivo.**

## CNO

*“... Aplicar un criterio N-K nos parece acertado, sin embargo hay algunos aspectos regulados desde la Resolución CREG 025/1995, como la configuración de subestaciones en la cual se menciona que "No se admitirá la configuración de 'barra sencilla' debido a su baja flexibilidad y confiabilidad, excepto para subestaciones terminales de una línea radial con un solo usuario final". Por lo anterior, recomendamos que en la Revisión de Criterios de Confiabilidad del SIN se considere extender el concepto de la Regulación CREG 025/95 para aquellas subestaciones que hoy en día continúan operando en esta configuración y para las cuales no se han dado las señales regulatorias para su migración a una configuración más flexible, robusta y confiable.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario sobre el riesgo de este tipo de subestaciones. Un análisis detallado sobre el tema no hace parte del objeto y alcance del contrato.**

*“... En el estudio se indica que se busca aplicar una metodología para disminuir el costo de restricciones, la cual puede impactar negativamente la confiabilidad del servicio. La regulación actual establece criterios para un servicio confiable y con calidad, acorde con el requerido para países que buscan crecimiento, sin embargo la filosofía que se plantea modifica radicalmente la manera de hacer el despacho, por lo que muy respetuosamente se sugiere evaluar el impacto que estas modificaciones pueden tener sobre la confiabilidad, ya que un servicio de menor confiabilidad también genera grandes costos cuando se materializan los riesgos de pérdida de carga ante contingencias.*

**El estudio realizado por El Consultor incluye dos propuestas. La primera está encaminada a mejorar la gestión de la confiabilidad mediante indicadores de riesgo y severidad (numerales 4.1 y 4.2). Esta propuesta, enmarcada en las fases 1 y 2 de la hoja de ruta, no disminuye la confiabilidad. La segunda propuesta es la inclusión de criterios probabilísticos para la confiabilidad mediante la implementación del RBSCED, en el numeral 4.2.3.3. Los resultados obtenidos sugieren que este criterio, en diversos casos, disminuye el riesgo y disminuye costos. En ninguna de las propuestas disminuye la confiabilidad en la operación.**

*“... Respecto al criterio de confiabilidad correctivo-preventivo, como indica el consultor, XM actualmente aplica un criterio preventivo considerando la capacidad de sobrecarga de los activos del sistema. Utilizar el criterio correctivo no sería aplicable puesto que no queda un margen adicional de sobrecarga sobre los activos.”*

**Durante el desarrollo del proyecto, El Consultor obtuvo información directamente del CND en la cual se afirma que actualmente se utiliza un criterio correctivo en el análisis de la confiabilidad de la operación. La diferencia con el criterio planteado**

por El Consultor, es que actualmente se usa un límite de emergencia de 30 minutos y en la propuesta se sugiere la identificación de un parámetro adicional de corta duración como se recomienda en el numeral 5.2.

*“... En el estudio se plantea el uso del riesgo como medida de confiabilidad, sin embargo se recomienda evaluar para el caso que se materialicen los riesgos, quien(es) responde(n) por las consecuencias de los mismos.”*

**El consultor considera que este tipo de definiciones corresponden a un trabajo posterior que deben ser incluidos dentro de una posible Resolución, por lo tanto queda fuera del objeto y alcance del presente trabajo.**

*“... Consideramos que la construcción de la gráfica Severidad vs. Probabilidad exigiría bastantes esfuerzos al operador del sistema, teniendo que cuenta que esta gráfica depende de las condiciones de la carga y el despacho, por lo tanto se tendrían que elaborar cerca de 8760 gráficas anuales que corresponden a cada hora del año en cada sitio de interés. Se sugiere validar si existen herramientas desarrolladas para ello y si las mismas deberían ser actualizadas teniendo en cuenta los mantenimientos, las salidas forzadas, las condiciones de CAOP, entre otras. Adicionalmente esta gráfica debe ser mejor explicada, dado que los mantenimientos preventivos permiten al operador del sistema tomar las medidas necesarias para proteger el sistema, mientras que las contingencias correctivas no siempre permiten una adecuada protección, en este sentido la gráfica tendría otra representación.”*

**Las gráficas de probabilidad vs. severidad exigen un esfuerzo de cálculo, pero no parecen fuera del alcance del Operador. En efecto, la gráfica de probabilidad vs severidad por periodo requiere: 1. la simulación de todas las contingencias en el periodo en cuestión, para determinar la severidad, lo cual es factible con las herramientas del Operador. 2. información climatológica, para determinar las probabilidades de falla. Ver comentarios generales 3 y 4.**

*“... En el estudio se menciona que las restricciones de riesgo por bajo voltaje y por colapso de voltaje se podrán gestionar solamente desde un modelo de despacho óptimo AC, el cual aún no se ha implementado a nivel práctico, sino solo a nivel investigativo. Sin embargo, se menciona que utilizando las herramientas actuales se debe intentar mantenerlo en niveles bajos mediante acciones operativas. Sin una herramienta que pueda apoyar la operación se hace muy complejo complementar la señal del flujo DC con la realidad operativa del SIN.”*

**Ver comentarios generales 3 y 4.**

*“... La inclusión de recursos adicionales para los análisis de confiabilidad, seguridad y calidad en la operación del SIN tales como movimientos de TAPS en transformadores, FACTS, recursos de generación, respuesta de la demanda, reconfiguración de la red de transmisión, EDAC y nuevos equipos (como Energy Storage System - ESS), sin lugar a dudas permitirán*

*contar con una gran variedad de alternativas que permitan mejorar la confiabilidad del sistema. No obstante lo anterior, recomendamos que las nuevas resoluciones que se emitan para involucrar y coordinar estos recursos deben propender por mantener una adecuada confiabilidad y evitar el incremento los costos del sistema.*

**El Consultor está de acuerdo que para la incorporación de nuevos equipos al SIN, es necesario hacer estudios técnico-económicos que garanticen su viabilidad financiera.**

*"... Aunque interpretamos que el uso de esquemas suplementarios hace parte de la propuesta del recurso "reconfiguración de la red de transmisión" realizada por el consultor, sería conveniente que la CREG regulara el uso de estos esquemas que en todos los casos han permitido reducir los costos de operación del SIN al evitar el despacho de generación de seguridad. Al respecto el Consejo presentó este año a la Comisión un documento de marco conceptual de los esquemas suplementarios que pueden ser de utilidad para que la Comisión aborde el estudio del tema.*

**El Consultor está de acuerdo con la importancia de la implementación de esquemas suplementarios. Sin embargo, aunque estos esquemas han mostrado sus bondades en la reducción de restricciones, no deben convertirse en la solución definitiva de los problemas de restricciones. Estos esquemas hacen la operación más compleja y llevan a otros riesgos en la operación del SIN.**

*"... En la actualidad, varios activos del SIN no cuentan con capacidad de sobrecarga. No es claro en la propuesta del consultor si todos los activos deben contar con capacidad de sobrecarga, de ser así, los agentes deberían definir este parámetro para la operación, lo cual requiere de estudios especializados y en otros casos podría requerir modificación en los activos, para lo cual se podrían generar restricciones adicionales en el sistema debido a modificación de la infraestructura existente."*

**Ver respuesta general 8.**

*"... Se menciona que deben definirse nuevos límites para líneas, correspondientes a la corriente que lleva la temperatura del conductor a Tmax en 15 minutos y en 4 horas, para lo cual se harían pruebas reales. Adicionalmente se menciona que se harán auditorías para verificar los valores declarados por los agentes. Se solicita aclaración respecto a cómo se realizarían estas pruebas y si para los transformadores se tiene algún protocolo de pruebas que permita encontrar esos valores, y validar si es viable realmente calcular nuevos parámetros para todos los activos y cómo se harían las respectivas auditorías mencionadas. Para el caso de las líneas de transmisión, se recomienda considerar para la estimación de la capacidad de corriente en estado estacionario la recomendación IEEE 738-2006 "Standard for calculating the current-temperature of bare overhead conductors" en la cual se considera la vejez del conductor.*

**Ver respuesta general 8. Los procedimientos para determinar los nuevos parámetros y mecanismos de auditoría, quedan fuera del alcance del presente contrato.**

*“... En cuanto al uso de plantas no despachadas centralmente, la consideramos una opción bastante acertada, más aún cuando se está presentando un auge en la construcción de este tipo de plantas. Para este caso se debe definir una regulación flexible que permita adecuar el software, hardware e infraestructura por parte de todos los agentes, en especial generadores, cogeneradores, autogeneradores y operadores de red.”*

**El Consultor está de acuerdo con la consideración de las plantas no despachadas centralmente en la confiabilidad. En el numeral 5.4 del documento final, plantean algunas recomendaciones. Consideramos adicionalmente que es ideal contar con equipos de supervisión de dichas plantas que permitan un mejor control.**

*“... En la consideración de programación de la reserva operativa se debe contar con las previsiones requeridas para no incrementar los costos de operación del SIN.”*

**El planteamiento de reserva operativa fue presentado como una recomendación adicional a los criterios propuestos, con el objetivo de mejorar la confiabilidad en la operación.**

*“... Consideramos que los análisis y propuestas deben involucrar la influencia de las exportaciones y definir una propuesta particular para estos casos.”*

**El Consultor considera que los criterios propuestos deben centrarse en la atención de la demanda nacional. Para las demandas internacionales, los criterios son definidos en acuerdos operativos entre los operadores. Además, uno de los objetivos de incorporar nuevos criterios de confiabilidad es reducir el costo de restricciones. El esquema de clasificación y liquidación actual, establece reglas independientes para el caso de restricciones debidas a demanda internacional.**

*“... Finalmente, recomendamos que la propuesta que se adopte debe ir acompañada con señales que permitan la convergencia de los criterios operativos del sistema con la planificación, e implementar nuevos criterios sobre los refuerzos necesarios en la expansión de infraestructura del SIN.”*

**Ver respuesta general 1.**

## ASOCODIS

*“... Del Anexo 1, se puede concluir, entre otros aspectos, que algunos sobrecostos de la operación del Sistema que terminan siendo reconocidos por la demanda, podrían evitarse con la revisión de los criterios que utiliza el CND para realizar el despacho diario. El consultor*



*concluye que el despacho real se aleja del teórico y que el tema no ha sido estudiado, por lo que se sugiere respetuosamente a la Comisión presentar más detalles sobre el tema.”*

**Los sobrecostos a los que se refiere el informe están enfocados a los efectos del manejo y definición de cortes, para lo cual se recomienda el proceso de re-optimización en el despacho actual (ver numeral 5.5). Además, otros sobrecostos pueden asociarse a los efectos de las autorizaciones operativas. Estas se incrementan si el despacho programado está muy lejano del despacho real. Para mitigar este problema se recomienda la disminución de la duración de los periodos en el modelo del despacho programado como se recomienda en el numeral 5.9.**

*“... El consultor recomienda revisiones de impacto en las restricciones por temas como análisis de simultaneidad de mantenimientos, autorizaciones operativas y programación de pruebas autorizadas de generación. Se sugiere a la Comisión revisar y publicar en detalle los sobrecostos que están generando estos aspectos de manera individual y en conjunto en la operación del Sistema y tomar las acciones regulatorias que se requieran para minimizar estos sobrecostos.”*

**Durante la ejecución del proyecto se identificaron algunos aspectos importantes que están relacionados con la confiabilidad y pueden tener efectos en los costos de las restricciones del sistema. El Consultor considera adecuada la sugerencia de revisión planteada, en un trabajo posterior.**

*“... Plantear la utilización de criterios probabilísticos para la planeación y operación de los Sistemas de Potencia a futuro ante el crecimiento e integración de energía intermitente es interesante y muy seguramente es un tema en el cual en el mediano y largo plazo se debe profundizar.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de considerar la probabilidad de falla en los análisis de la confiabilidad en la operación y esto está incluido en los criterios de confiabilidad propuestos.**

*“... Los beneficios de la aplicación del criterio de confiabilidad preventivo-correctivo en la operación del SIN representan reducciones de los costos de las restricciones para el ejemplo presentado en el Anexo 2 entre el 7%-12%. Es conveniente conocer otros ejemplos adicionales de aplicación y de manera integral se socialice tanto los beneficios como los costos estimados por la aplicación de los criterios de confiabilidad propuestos por el consultor.”*

**Ver respuesta general 5**

*“... Es fundamental que las modificaciones al modelo del despacho económico en función de un nuevo esquema como los que se plantean en el estudio, pueda ser replicable por los agentes, por ello es necesario que la reglamentación del mismo no permita subjetividades en los análisis y sea trazable, lo que implica entre otros aspectos definiciones para la*



*valoración del impacto de todas las posibles contingencias y las condiciones de publicación de la información utilizada.”*

**El Consultor está de acuerdo en que las metodologías y procedimientos resultantes de los criterios de confiabilidad planteados, sean claros y reproducibles. Ver respuesta general 3 y 4.**

## ACOLGEN

*“...También reiteramos la importancia de garantizar la convergencia entre los criterios de confiabilidad de la operación y los criterios de expansión del sistema, si no existe compatibilidad entre estos dos criterios, se podría llevar a que la expansión del sistema no de solución a los costos de las restricciones que se presentan derivadas del criterio utilizado por para evaluar la confiabilidad en la operación real. En otras palabras, los criterios de confiabilidad de la planeación deben ser más estrictos que los criterios de confiabilidad de la operación.”*

**Ver respuesta general 1.**

*“...Como se ha mencionado en comunicaciones anteriores, se sugiere a la Comisión definir adicionalmente señales regulatorias que asignen correctamente los costos de las restricciones a los responsables de las mismas y evitar con ello, el traslado a la demanda de algunas ineficiencias en su asignación. ...”*

**El Consultor considera que este asunto está fuera del objeto y alcance del presente contrato.**

*“... Adicionalmente, es necesario que el equipo consultor considere dentro del modelo propuesto particularidades como los mantenimientos del sistema y la situación del mercado eléctrico y del mercado de gas, ya que existen restricciones operativas para el abastecimiento de gas que impiden que en un tiempo menor a seis horas un generador térmico a gas pueda realizar la renominación del gas a los productores y a los transportadores. La Comisión debe ser consciente que la flexibilidad que el mercado de gas pueda brindarle al sector eléctrico facilita la operación del SIN y contribuye a directamente a la competitividad del sector.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario sobre la inflexibilidad actual de las plantas térmicas debidas a la disponibilidad de gas. Sin embargo, este tema está fuera del objeto y alcance del presente contrato. Ver respuesta general 2.**

*“... Finalmente, para revisar el beneficio económico de los criterios propuestos respecto a los criterios de confiabilidad vigentes en el SIN, se solicita al equipo consultor aplicar el enfoque de riesgo propuesto y compararlos con el enfoque actual para:*

*1. El despacho del día 4 de Octubre de 2013, donde se despacharon por seguridad las plantas Calima, Termovalle y Termoemcali (se adjunta informe del despacho económico)*

2. El despacho día 10 de septiembre del año en curso, que tuvo un mantenimiento sobre el transformador de la Rosa de la subestación Cartago. Esto conllevó a la necesidad de despachar Calima por seguridad (se adjunta tabla de informe) ...”

**Ver respuesta general 5.**

## CODENSA

“... Al respecto, compartimos la necesidad de evolucionar los criterios y las herramientas de la operación, sin embargo observamos que una metodología de confiabilidad basada en riesgo hace que la operación se vea impactada por variables como la programación de mantenimientos, la velocidad y experticia en la operación de los agentes, y calidad y supervisión de las señales de los activos, para lo cual se requiere de herramientas con alto grado de sofisticación y tiempo de desarrollo para la toma de decisiones.”

**Ver respuesta general 3.**

“... Así mismo, observamos que en lo relacionado a redes el estudio puede reducir el criterio N-1 en la operación, mientras que en el planeamiento del STN ya estamos migrando a los criterios N-k que se han desarrollado en la resolución CREG 044 de 2013. Como se ha estudiado en dicha resolución, existen casos en que la criticidad de los efectos de una contingencia hacen necesario cubrir el sistema incluso ante la probabilidad que se afecten varios elementos en el sistema.

En ese sentido, creemos que los cambios en la metodología de confiabilidad en la operación deben ser consistentes con los criterios de planeamiento y expansión Al respecto es crítico generar criterios de planeamiento suficientes en el STR y SOL para estimular la inversión y permitir la reducción de costos en la operación de manera confiable. Si se flexibiliza la contabilidad en la operación y no se le dan herramientas efectivas en el planeamiento el SIN Colombiano podría llevarse a una operación con bajos costos y altos riesgos.”

**Ver respuesta general 1.**

“... Por lo anterior, observamos que la reducción de costos puede crear riesgos en el aseguramiento del servicio. Estos riesgos están asociados a la incertidumbre de las probabilidades de falla y a la severidad de las mismas. Es importante asegurar los modelos matemáticos e información histórica para la definición de la probabilidad de falla y el cálculo de la severidad de las mismas, para una correcta definición de contingencias preventivas o correctivas. De lo contrario, los ahorros que puedan evidenciar los clientes pueden ser despreciables en comparación con las pérdidas económicas que el cliente sufriría en caso de un evento.”

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de calcular de manera adecuada la severidad de las contingencias y probabilidad de falla de los equipos.**

## GECELCA

### *“... 1. Costo de Restricciones:*

*En las conclusiones se menciona que el costo de las restricciones en el Sistema es alto estando en un rango del 10% del costo de la operación del SIN, sin embargo, no existe una clasificación que defina cuál es el nivel óptimo, para que el encargado de la planeación y expansión de la red defina obras que ayuden a dicho objetivo. Por tanto, sería Importante definir un rango que Indique cual es el umbral para considerar una restricción de alto costo y los mecanismos adecuados que permitan dar las señales adecuadas para la expansión.”*

**El Consultor considera que el umbral planteado será establecido de forma indirecta, por el nivel de riesgo máximo calculado en la aplicación del criterio basado en riesgo (numeral 4.2). El Operador puede establecer el balance entre costo y riesgo (un ejemplo está presentado para un período en el informe); esto daría soporte a mejores decisiones.**

*“... Teniendo en cuenta que el costo de las restricciones en la operación del Sistema y que los mantenimientos a la red de transmisión nacional y regional tienen un alto Impacto en las mismas, consideramos oportuna la propuesta de aprovechar al máximo los recursos del Sistema de Transmisión Nacional y de los Sistemas de Transmisión Regional, sin embargo, dada la complejidad de la propuesta del criterio de confiabilidad basado en riesgo, presentada por el consultor es necesario realizar simulaciones utilizando ejemplos reales con la red existente, manteniendo niveles seguros de operación que eviten un colapso del sistema y cumpliendo los criterios de suficiencia y seguridad, así como los efectos a la red si uno de estos riesgos se llega a materializar. ...”*

**Ver respuestas generales 4 y 5.**

*“... Así mismo, también es pertinente incluir propuestas asociadas a disminuir los mantenimientos simultáneos que Impliquen desenergización de activos en áreas críticas, ya que esto conlleva a un aumento de las restricciones y casos de atrapamientos de generación en las áreas, encareciendo así los costos de la operación del SIN.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario en que el gran número de mantenimientos solicitados y programados suponen un riesgo adicional en el SIN. Esta recomendación fue realizada en el documento (numeral 5) y se sugiere sea tomada en cuenta en un trabajo posterior.**

### *“... 2. Criterios para el despacho*

*Si bien el criterio N-1 es el más utilizado por los países analizados en el estudio, consideramos que se debería tener en cuenta el nivel de estrés que presenta la red en Colombia, dificultando la operación del sistema, Incrementando su costo, por lo que para el caso Colombiano podría evaluar su aplicación en la medida que coincide con un alto grado de mantenimientos que llevan a tomar medidas operativas para garantizar los niveles de calidad y confiabilidad en el suministro, los cuales Incluyen demanda no atendida.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario. Esta es una de las razones por las cuales se recomienda un criterio probabilístico para el análisis de la confiabilidad en la operación.**

*“... Incluir dentro de la propuesta de programación de reserva operativa en el despacho programado alternativas tales como mercados de punta, con plantas de respuesta rápida, adicionalmente, consideramos que este tipo de estudio debe realizarse desde el punto de vista de áreas operativas, teniendo en cuenta los límites de importación y el tipo de tecnología de generación por área, así como la coyuntura actual del sector gas y la inclusión de las fuentes no convencionales de energía al SIN dada su intermitencia y variabilidad del recurso energético.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de explorar nuevas alternativas en el despacho económico. Este aspecto fue incluido en el capítulo 5 del documento definitivo, como una recomendación para trabajos posteriores.**

*“... La entrada en vigencia del artículo 54 de la resolución CREG 089 de 2013, podría disminuir drásticamente la flexibilidad operativa de las plantas térmicas, dado el comportamiento dinámico que tiene el Sistema de Transporte de gas Natural- SNT, lo que llevará a un Incremento en el costo de la Operación del Sistema Eléctrico y a mayores riesgos en la atención de la demanda, ante la Imposibilidad de atender redespachos y/o autorizaciones del CND en la oportunidad debida. Esta situación debe analizarse a la luz de la propuesta de los análisis de probabilidad para la disminución de restricciones en el sistema.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario sobre la inflexibilidad actual de las plantas térmicas debidas a la disponibilidad de gas. Sin embargo, este tema está fuera del objeto y alcance del presente contrato. Ver respuesta general 2.**

*“... 3. Pruebas de generación*

*Según lo expuesto en el numeral 4.7 del anexo 2, Pruebas autorizadas en los análisis de confiabilidad y seguridad, si bien es cierto que la programación de las pruebas autorizadas en ocasiones podrían incrementar los costos de las restricciones, estas son Indispensables para cumplir con el objetivo de garantizar la disponibilidad del recurso y aumentar la confiabilidad del mismo para cuando se encuentre en servicio. La sugerencia con respecto a lo anterior sería realizar una revisión de la clasificación de pruebas autorizadas, que llevan a programar recursos adicionales para cubrir la seguridad del sistema.”*

**La recomendación en el tema de las pruebas, está enfocada en considerar las unidades de un recurso en pruebas, que no se ven afectadas por la prueba. El consultor está de acuerdo en sugerir una revisión de la clasificación de las pruebas autorizadas, aunque este aspecto está fuera del objeto y alcance del presente contrato.**

## ISAGEN

*“... Si bien, vemos adecuado el hecho de buscar alternativas con nuevos criterios de confiabilidad para el SIN y que una de las bases para hacerlo sea la revisión de prácticas y experiencias en diferentes países con la aplicación de criterios determinísticos o probabilísticos para la operación de sistemas eléctricos de potencia, consideramos importante tener en cuenta las diferencias que se pueden presentar con un sistema como el colombiano con características técnicas y operativas que pueden distar en gran medida de las de un país desarrollado, donde la operación puede estar altamente influenciada por temas como los atentados contra la infraestructura eléctrica.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de considerar las características únicas del sistema colombiano en los nuevos criterios de confiabilidad. Los criterios de confiabilidad planteados fueron basados en experiencias internacionales. Igualmente estos criterios fueron revisados y adaptados a las condiciones del mercado colombiano.**

*“... Según lo establecido en el Acuerdo 601 de 2012 del CNO, donde se define el límite de emergencia como el valor máximo de corriente que la línea y sus elementos asociados puede soportar por un periodo de tiempo de 30 minutos y el cual según la propuesta del estudio espera ser utilizado como parte del criterio de confiabilidad basado en el control de riesgo en la operación, para ISAGEN es relevante analizar más a fondo el hecho que dicho parámetro técnico fue establecido para que el operador del sistema, sin violar el límite térmico de los elementos, cuente con el tiempo suficiente para volver a las condiciones normales sin arriesgar la operación.”*

**Ver respuesta general 8.**

*“... Igualmente, aunque parte de la revisión de criterios de confiabilidad está orientada hacia la economía del sistema y el beneficio correspondiente que tiene el poder flexibilizar la operación al incluir aspectos de sobrecarga de los elementos en el despacho y posteriormente en la operación, insistimos en la importancia de no descuidar bajo ninguna circunstancia alguno de los demás criterios que siempre han primado en la operación del SIN como son la calidad, seguridad y confiabilidad de los usuarios.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de buscar equilibrio entre la confiabilidad, calidad y seguridad en los nuevos criterios, para lo cual se realizaron análisis de costo-beneficio en el numeral 4.2 del documento definitivo.**

*“... Según lo mencionado por el consultor que desarrolló el estudio, la metodología propuesta tiene en cuenta el alto costo de las restricciones del sistema, el fuerte impacto que tienen los mantenimientos que se realizan periódicamente y el alto nivel de estrés al que se encuentra sometido el SIN. Con respecto a lo anterior, nos llama la atención el hecho que si el sistema se encuentra en un alto nivel de estrés, luego de aplicar un criterio de confiabilidad basado en control de riesgo, habría casos donde el nivel de estrés del sistema*

*podría aumentar, por lo cual solicitamos revisar que no se presenten situaciones de este tipo que harían complejo el control del riesgo.”*

**El Consultor considera que el criterio de confiabilidad basado en riesgo, disminuye el nivel de estrés de la red comparado con el criterio tradicional N-1. Esto fue demostrado en las simulaciones realizadas para el caso de 9 barras. Adicionalmente, uno de los integrantes del equipo consultor, el profesor James McCalley, investigador del más alto nivel en el mundo, ha venido desarrollando estos modelos durante varios años y sus resultados han sido publicados internacionalmente (ver referencias [59,60,64,67] del informe).**

*“... Consideramos importante que al contar con indicadores de severidad, por sobrecarga, bajo voltaje o colapso del sistema, la metodología aplicada debe tener en cuenta las características técnicas de las unidades de generación del sistema, con el fin que efectivamente al manejar el control de riesgo por medio de los límites de sobrecarga en el despacho y ante la ocurrencia de un evento en la operación, se logre cumplir con dichas características técnicas y por ende responder adecuadamente en el tiempo requerido por el operador del sistema sin comprometer la seguridad del mismo.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de considerar la inflexibilidad de los recursos de generación dentro de los nuevos criterios de confiabilidad. Ver respuesta general 2.**

*“... De las recomendaciones realizadas por el consultor, resaltamos la necesidad de actualizar las características técnicas por parte de los agentes y dueños de los activos de transmisión, dado que a pesar de contar con información histórica de eventos y un modelo estadístico de regresión que obtiene las probabilidades de falla y de contingencias, el éxito de esta nueva metodología radica en gran medida en poder contar con un modelo que simule perfectamente el sistema y la realidad de la operación. Después de contar con la información se podría dar paso a la normalización del proceso de análisis de confiabilidad del SIN.”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de disponer de un buen modelo y una muy buena información; y en la hoja de ruta se propone un camino para llegar a ese punto. Ver respuesta general 9.**

*“... Con la inclusión de esta metodología, ISAGEN como generador y comercializador de energía eléctrica, requiere disponer de la información necesaria, con el objetivo de reproducir de manera precisa el despacho de los recursos del país, desde el punto de vista energético y eléctrico, con el fin de simular la forma en que se lleva a cabo la operación del sistema, sin que se incluyan subjetividades en los cálculos humanos, donde incluso, como lo mencionó el consultor, el tema de cortes podría llegar a ser revaluado.*

**Ver respuesta general 3 y 4.**



## ISA-INTERCOLOMBIA

*“... Comentarios Generales:*

- *Uno de los aspectos de mayor preocupación que se ha venido planteando en materia de confiabilidad en el sector eléctrico colombiano es la convergencia (no equivalencia), entre los criterios de confiabilidad para la operación y los criterios de confiabilidad para la expansión. Sobre este punto, no se observa en el documento que se hayan realizado análisis al respecto, razón por la cual se solicita que éstos sean realizados y se plasmen las conclusiones de los mismos, a la vez que se revisen los resultados del estudio, de ser el caso. ...”*

**Ver respuesta general 1.**

*“... - La propuesta no es clara en el tipo de instalaciones para las que aplica el nivel de contingencia. Así por ejemplo, para subestaciones con configuraciones de barras, para las cuales una falla en barras dejaría por fuera toda la subestación o parte de ella, no queda claro si una contingencia de este tipo sería considerada como una contingencia válida para el modelo y cuál sería el nivel de contingencia correspondiente. Adicionalmente, valdría la pena que el consultor analice el impacto del criterio aplicado a subestaciones, para diferentes configuraciones y regiones del sistema. ...”*

**Los criterios de confiabilidad propuestos se aplican para contingencias en los transformadores y líneas de transmisión del STN, y en los equipos que, a criterio de El Operador, considere por su alta severidad o alta probabilidad de ocurrencia. Dentro de estos elementos adicionales pueden ser consideradas contingencias N-K de varios elementos incluidas subestaciones del SIN y recursos de generación. Ver respuesta general 5.**

*“... Se indica que se calcularán las probabilidades para diferentes periodos del día, considerando que durante el día podría no tenerse la misma probabilidad de falla de una línea, por factores como el clima, la velocidad del viento, etc. Sobre este punto, se llama la atención de que en la práctica ya es un aspecto algunas veces complejo obtener la probabilidad promedio de falla o de servicio para una línea de transmisión, en especial, por falta de información o de una historia que de robustez estadísticas a los parámetros de confiabilidad, por lo cual, pensar en tener probabilidades para diferentes periodos del día podría ser más complejo o difícilmente lograrle con contundencia estadística. No obstante, en INTERCOLOMBIA poseemos un sistema de información de descargas atmosféricas, el cual ponemos a disposición para realizar análisis que se quieran realizar sobre el tema. ...”*

**El Consultor considera muy importante disponer de probabilidades de falla que representen lo más precisamente posible la disponibilidad de los activos en la operación. En cuanto al procedimiento propuesto, fue basado en algunas experiencias internacionales (referencias [63] y [66] del informe) y desarrollado con la participación del Dr. James McCalley, integrante del equipo consultor. Ver respuesta general 9.**

*“... - Por tratarse de criterios de confiabilidad para la operación, la cual en ningún momento puede perder sus atributos de seguridad, se considera necesario realizar análisis robustos para porciones del sistema y para el sistema en su conjunto, bajo diferentes escenarios, que garanticen que efectivamente el sistema se mantendrá confiable y seguro con la metodología propuesta. ...”*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario en la necesidad de realizar análisis reales. Infortunadamente por el corto tiempo y la gran cantidad de información requerida para estas simulaciones sólo fue posible demostrar las bondades de los criterios propuestos en una sola área operativa y en el sistema de 9 barras del IEEE. Cabe anotar que se hicieron simulaciones en un sistema con aproximadamente 440 barras del sistema colombiano pero no se incluyeron en el documento final pues no se alcanzó a realizar un trabajo conjunto con el Operador para examinar y validar los resultados, trabajo que el Consultor se declara en disposición de realizar, así como para interactuar con el Operador en caso de implementarse la metodología propuesta. Ver respuesta general 5.**

*“... - En el mismo sentido del comentario anterior, se considera necesario que se trabaje coordinadamente con XM en la construcción, validación y definición de la propuesta, dado que dicha entidad tiene la visión integral y práctica de la operación del sistema, adquirida en muchos años de ejercicio de dicha actividad, por lo que no se debería correr el riesgo de incorporar criterios para la confiabilidad de la operación a partir de análisis teóricos, que no consideran las diferentes variantes que se pueden presentar en la operación del día a día. ...”*

**Durante el desarrollo del proyecto se contó con el soporte del CND para solución de inquietudes y entrega de información. Adicionalmente El Consultor cuenta con una larga experiencia en la operación del SIN. Aunque la propuesta completa logró ser validada sólo a través de un modelo teórico, los detalles de la operación del SIN fueron considerados para cada uno de los criterios de confiabilidad propuestos. Ver respuesta general 5.**

*“... Comentarios al Anexo 1 - Revisión de Criterios de Confiabilidad del SIN y Experiencia Internacional*

*Comentarios Generales:*

*El trabajo presentado en esta revisión bibliográfica es muy ilustrativo, completo y será una guía muy valiosa para quien desea conocer de manera general aunque con buena aproximación el tema de confiabilidad en sistemas de potencia.*

*Se recomienda precisar mejor lo Indicado en las siguientes páginas:*

- *PÁG, 9: “Es necesario no perder de vista que la motivación principal de este estudio fue el alto costo de las restricciones. Por esta razón es necesario entender la forma en que las restricciones son calculadas por el CND ”.*



- PÁG, 21: *“Como se ha venido mencionando durante el estudio, el objetivo principal de este trabajo no es mejorar la confiabilidad del SIN, sino definir unos criterios claros, metódicos y reproducibles que logren un impacto positivo sobre las restricciones del SIN” ...”*

**La nueva versión del documento expresa de manera diferente y más precisa esas afirmaciones.**

*“... Comentarios Específicos:*

- PÁG 10: *Para el Largo y Mediano Plazo, se establecen los criterios de VERE y VEREC, que corresponden a un porcentaje máximo de demanda no atendida en estudios energéticos. No corresponden a criterios operativos*

*Es viable cumplir con estos criterios para un Plan sin que conlleve a una disminución de las restricciones, la señal mediante este indicador se orienta más a una medida de la confiabilidad de suministro de la generación que del agotamiento de la red; para que se tenga una señal de expansión de red con este criterio, tiene que ser que la capacidad de un enlace se cope, situación que normalmente no es común en la operación real que tiene restricciones operativas. Se debe evaluar la conveniencia de mantener o retirar ese criterio de confiabilidad para la expansión de la red. ...”*

**El Consultor considera que el análisis de la expansión de la red está fuera del alcance y objeto del contrato. Ver respuesta general 1.**

*“... • PÁG 23: “En ocasiones se presentan casos de simultaneidades que generan altas generaciones de seguridad y que finalmente son programadas en el despacho. Para este caso sería deseable que desde la coordinación de mantenimientos se tengan criterios de confiabilidad que tengan en cuenta también el costo de las restricciones, como un parámetro de decisión para solicitar reprogramaciones de mantenimientos”*

*Poder incorporar el costo de restricciones a la programación de mantenimientos en la práctica es algo complejo e incierto, dado que un plan semestral de mantenimiento no tiene como prever la oferta de generación, que finalmente define lo que entra en mérito y lo que suma a las restricciones. Se solicita ampliar y precisar este comentario.*

**La recomendación sobre la programación de los mantenimientos, está enfocada a proponer señales de costos para definir una cantidad máxima de mantenimientos a programar en un área específica. Actualmente El Operador tiene el objetivo de tratar de viabilizar técnicamente la mayor cantidad de mantenimientos solicitados, pero no involucra señales de costos en esta decisión.**

*“... • PÁG, 24: “Una enseñanza importante que debe ser tomada en cuenta en la definición de nuevos criterios de confiabilidad, es que se debe tener en cuenta que sean aplicables bajo escenarios extremos del SIN, generados por los atentados terroristas”.*

*Determinar la confiabilidad para despachos extremos causados por terrorismo es similar a expandir bajo ese mismo escenario. Lo anterior se ha discutido ampliamente a nivel del*

*CAPT y se tiene consenso en que no es económicamente conveniente ni justificable planear para cubrirse del terrorismo, consideración que aplica de igual forma al tema de criterios de confiabilidad, por lo tanto no deberían tenerse en cuenta este tipo de escenarios dado que son inciertos y no obedecen a un criterio técnico-económico, pudiendo introducir una complicación innecesaria a un problema que de por sí ya es complejo al tratar de disminuir el costo de restricciones. ...”*

**La propuesta de tener en cuenta eventos extremos en el SIN en los criterios de confiabilidad de la operación, se debe a que la aplicación de los criterios debe entregar buenas señales para casos en que la red se encuentre muy deteriorada. Por experiencias del pasado, algunos de los criterios definidos no tenían esto en cuenta y su aplicación era complicada o en algunos casos imposible. Los criterios de confiabilidad propuestos son flexibles en este sentido y entregan buenas señales para el caso de redes deterioradas ya que los niveles de severidad son recalculados cada vez que se presenta una indisponibilidad.**

“... • PÁG. 81:Figura B-3

*Revisar y corregir la Figura, dado que no corresponde ...”*

**Se corrigió el error de la descripción de la figura en la nueva versión del documento.**

*“... Comentarios al Anexo 2- Entregable N° 3 Contrato 2014-054*

*Comentarios Generales:*

*El trabajo es muy interesante y la filosofía planteada es correcta, la investigación muy completa e ilustrativa, pero las definiciones aún requieren de más revisión práctica, tanto para encontrar los valores que establecen los límites como la aplicabilidad de éstos en la operación real horaria con ofertas, indisponibilidades por mantenimiento e incertidumbres. ¿Qué recomendaría el consultor que se pudiera hacer que sea práctico, utilice las herramientas disponibles y sea de implementación rápida?*

**Como se ilustró en el documento, El Consultor propone una hoja de ruta en donde inicialmente se empiecen a calcular los indicadores de confiabilidad e índices de riesgo. La idea es que estos cálculos se realicen con desarrollos basados en las herramientas que El Operador usa actualmente. Son cálculos numéricos de complejidad polinómica, lo cual no genera ningún inconveniente en términos de tiempo de cómputo. Ver respuesta general 3 y 4.**

*“... La implementación sugerida en la Figura 12 está bien concebida, pero se debería analizar en cada una de las etapas una aplicación más simple y práctica de las contingencias y escenarios específicos para los cuales el sistema se quiera cubrir, sin abarcar un concepto tan ambicioso que siendo el ideal no se puede realizar con las tecnologías actuales, sino que a partir de la información disponible se determine cómo se pudiera aplicar la filosofía planteada en cada etapa a casos puntuales, de los cuales se conozca que implican el mayor*

*porcentaje o impacto en las restricciones del SIN; en resumen, se recomienda aplicar la metodología pero sólo a los casos de contingencia principales que más pesan en la operación, si es que están identificados, y para ellos encontrar las componentes que permitan aproximar la metodología planteada a una aplicación real con tiempos computacionales razonables, que minimicen el riesgo y valor de restricciones comparable sobre una base de despacho tal como el que hoy se calcula. ..."*

**Ver respuesta general 3 y 4.**

*"... Comentarios Específicos:*

- *PÁG. 5: "El criterio de confiabilidad preventivo-correctivo puede ser automatizado a través de un modelo SCED (Security Constrained Economic Dispatch); esto ajustaría la generación de seguridad necesaria y reducirla tiempos en los procesos de confiabilidad"*

*¿Hay una herramienta disponible para ello o se debería desarrollar para el SIN? ..."*

**El Consultor propone que la herramienta sea desarrollada con base en algunos avances que tiene el CND. Ver respuesta general 3 y 4.**

*"... • PÁG. 5: "Implica calcular índices de severidad que pueden ser usados para calcular indicadores de riesgo (en el numeral 2 se presenta la metodología para el efecto). Estos indicadores son una herramienta de gestión valiosa para la confiabilidad en la operación del SIN"*

*¿Quién los calcula? ¿Se ha evaluado el impacto o magnitud de trabajo que conlleva ese cálculo?*

**El Consultor propone que estos cálculos sean realizados por el CND durante los procesos de corto plazo e incluso la operación del sistema. Ver respuestas generales 3 y 4.**

*"... PÁG. 5: "Cabe anotar que para la implementación de este criterio se requiere de un avance significativo en las herramientas utilizadas para los análisis de confiabilidad y seguridad del SIN."*

*Revisar la recomendación al respecto. Esta necesidad puede hacer que en la práctica la propuesta si bien en teoría esté muy bien justificada en la práctica requiera de mayor desarrollo computacional no disponible a la fecha. ..."*

**Ver respuestas generales 3 y 4.**

*"... • PÁG. 5: "Uso del riesgo como medida de la confiabilidad. Así, se facilita su gestión" ¿Se han evaluado las implicaciones de la materialización de un riesgo ante el cambio metodológico? ..."*

**Los criterios de confiabilidad propuestos se basan en la medición de la severidad de las contingencias en términos de sobrecargas, caídas de tensión y colapso de voltaje. No se incluyeron medidas de demanda no atendida, debido a la dificultad de encontrar sus valores reales ante cada contingencia y la dificultad en valorar económicamente la pérdida de demanda en Colombia.**

“... • PÁG. 7: “Las contingencias de la zona PREVENTIVO, contingencias con alta probabilidad de ocurrencia y/o alta severidad, serán analizadas bajo el criterio de confiabilidad Preventivo. En los análisis eléctricos realizados bajo la aplicación de este criterio, ante cualquier contingencia N-K, se permitirá que los equipos modelados del SIN alcancen el parámetro técnico de límite de sobrecarga de larga duración, pero no se permitirá que sean superados, a menos que el disparo del elemento sobrecargado no genere el disparo de otros elementos (cascada) ni genere demanda no atendida (DNA). De llegarse a presentar una de las contingencias analizadas con criterio preventivo, en la operación en tiempo real no será necesaria ninguna acción correctiva.”

¿Qué tan exhaustivos serán estos análisis? ¿Cada cuánto se deben actualizar? ¿qué grado de detalle deben tener? Análisis de estabilidad, flujo, corto, ¿con qué herramientas se sugiere que se analicen? ...”

**Estos análisis deben realizarse diariamente en los procesos de despacho y redespacho programado para cada uno de los periodos horarios. Ver respuestas generales 3 y 4.**

“... • PÁG. 8: “Las contingencias que en los análisis eléctricos ocasionen bajas tensiones en las barras modeladas se analizarán bajo el criterio correctivo, lo que implica que en el estado post--contingencia ninguna barra del modelo debe estar por debajo del límite inferior establecido por la reglamentación”

En forma similar a la pregunta previa, ¿qué tan exhaustivos serán estos análisis? ¿Cada cuánto se deben actualizar? ¿Qué grado de detalle deben tener? ...”

**Estos análisis deben realizarse diariamente en los procesos de despacho y redespacho programado para cada uno de los periodos horarios. Ver respuestas generales 3 y 4.**

“... • PÁG. 8: “Se entiende que para garantizar la adecuada confiabilidad del SIN, no se permitirán, hasta donde sea posible, sobrecargas en pre-contingencia”

Esto hace que el límite de operación normal no sea fijo, es decir, implica tener un límite pre-contingencia diferente a la capacidad normal pero de duración continua. Aclarar ese aspecto. ...”

**El Comentario hace referencia al proceso que actualmente realiza el CND. Sin considerar contingencias se programa generación de seguridad u otras medidas que garanticen que ningún elemento se sobrecargue. Algunos equipos del SIN presentan sobrecargas en pre-contingencia, que no son posibles de aliviar.**

“... • PÁG. 8: “algunos equipos declaran el parámetro técnico de límite de emergencia en cero, es decir, no permiten sobrecargas ni en estado permanente, ni en corta duración”

¿Existe alguna propuesta de parte del consultor para los equipos en servicio que no tienen declarada capacidad de sobrecarga? ...”

**El Consultor realizó una propuesta para usar nuevos parámetros de sobrecarga de los equipos del SIN; si la sobrecarga admisible es cero, debería justificarse ante una auditoría. Ver numeral 5.2 de parámetros técnicos y respuesta general 9.**

*“... • PÁG. 8: Las gráficas de Probabilidad vs Severidad serán elaboradas por El Operador, para cada periodo del horizonte de planeación”*

*¿Con resolución horaria y para cuánto tiempo? ¿Qué implicaría desde el punto de vista computacional y de volumen de trabajo elaborar esas gráficas? ¿Cada cuánto se deben actualizar teniendo en cuenta los mantenimientos, CAOP y salidas forzadas? ...”*

**Ver respuestas generales 3 y 4.**

*“... • PÁG.8: Un caso especial para la aplicación del criterio de confiabilidad preventivo y correctivo, resulta en el momento de considerar contingencias N-K sobre una red degradada por motivos de mantenimientos programados o de emergencia. Estos casos son referenciados como N-K-i en donde i representa los elementos considerados como indisponibles por mantenimiento. Para la aplicación de este criterio es necesario construir nuevas curvas de Probabilidad vs severidad con la red degradada”*

*No se debe tener el mantenimiento como caso especial, por el contrario es la condición normal del sistema dado que lo menos común es tener la disponibilidad completa de los elementos del SIN.*

*Las curvas deberían ser únicas, no solo de la condición N, por lo cual el número de análisis eléctricos sería aún mayor y las curvas deberán actualizarse según cada plan de mantenimiento. ¿Qué significa esto en cuanto a volumen de trabajo y tiempo requerido para ese cálculo? ...”*

**Los criterios de confiabilidad propuestos exigen el cálculo de la severidad para el estado de la red que se presente en el momento del despacho y operación, no de la condición N sino N-1-i. Ver respuestas generales 3 y 4.**

*“... • PÁG. 9 Figura 2*

*En la práctica este cálculo se haría para un flujo óptimo AC en diferentes despachos y múltiples contingencias. ¿Se recomendará una aplicación comercial que lo permita o debe desarrollarse por parte del operador?*

**Ver respuesta general 3.**

*“... PÁG 11: “Por lo tanto, la probabilidad de que ninguna contingencia ocurra, es decir, la probabilidad de que el sistema opere con todos los elementos en la siguiente hora, llamada  $p_0$  es...”*

*¿Qué pasaría si sólo se usa la tasa de fallas histórica incluyendo todo tipo de evento? ¿No sería más directo, simple y justificable?*

**La metodología propuesta para cálculo de probabilidad pretende estimar de mejor forma la disponibilidad de los equipos en la operación. Ver respuestas anteriores y respuesta general 9.**

*“... • PÁG 11: “Aunque la medida de severidad de cada contingencia puede ser vista desde diferentes aspectos, en esta sección solo se abordará la severidad por sobrecarga, ya que es la utilizada para la clasificación de las contingencias. Para calcular esta severidad, es necesario simular las contingencias N-K usando un modelo de flujo de carga AC, que permita identificar no solo índices de sobrecarga sobre los activos del SIN, sino también, índices de tensión. El flujo de carga DC sólo permite calcular de manera aproximada los índices de sobrecarga”*

*También puede haber severidad por salidas en cascada o inestabilidad de tensión. Puede haber condiciones de severidad que no se cubran si sólo se analiza sobrecarga de equipos. Tener cubiertas todos los tipos de severidades puede conllevar a un conjunto de escenarios muy amplio de difícil manejo práctico.*

*¿Este modelo está disponible como herramienta comercial o deberá ser desarrollada por el operador del sistema? ¿Cómo se manejarían los tiempos de procesamiento? ¿Se puede prever que serán cortos? ...”*

**Para complementar los resultados de los criterios de confiabilidad propuestos, se incluyeron en la versión final del informe cálculos de severidad de baja tensión en el numeral 4.2.3.4 y severidad por colapso de voltaje en el numeral 4.2.3.5; en forma análoga al caso de sobrecarga, es posible clasificar esas contingencias para manejo preventivo o correctivo. Sobre el tema de las herramientas ver respuesta general 3.**

*“... PÁG 12: “f1 es la capacidad nominal de la línea (o transformador), f2 es el límite de emergencia de larga duración (2 a 4 horas) y f3 es el límite de emergencia de corta duración (10 a 15 minutos)”*

*Se deberán recalcular los límites de equipos actuales, dado que hoy sólo se manejan dos valores, de los cuales solo f1 corresponde al valor de condición normal. Para nuevos equipos, ¿las convocatorias deberán indicar estos valores?*

*Precisar cuáles serían las unidades de S1, Smax ¿Estas curvas serían horarias por cada despacho y condición N-K-i? ...”*

**El Consultor propone el uso de límites de corta y larga duración como se recomienda en el numeral 5.2. Ver respuesta general 8. La medida de severidad no tiene unidades. Las curvas son horarias. Ver respuesta general 4.**

“... PÁG,13:  $SN_k = SSC_k * Nsk$ . Donde  $SN_k$  es el número de elementos con sobrecarga.

Finalmente, el índice dependerá en buena medida del cálculo de  $S1$  y  $S_{max}$  ¿Qué valores de  $S1$  y  $S_{max}$  se recomiendan? ¿De dónde se obtienen? ...”

**Los valores de severidad corresponden a valores que hagan consistentes los cálculos de los índices. Los valores asignados deben garantizar convexidad en la curva de severidad. En el documento en el numeral 4.1.3 se sugieren valores de 1 y 10 para  $S1$  y  $S2$  (la nomenclatura se modificó en la última versión del informe), luego del análisis de varias alternativas. Queda a cargo de la CREG aceptar estos valores o proponer diferentes.**

“... PÁG 14: “Para determinar la severidad, se emplearán los dos índices de severidad mencionados:  $SSC$  y  $Ns$  (número de activos con carga mayor al 100% de su límite nominal)”

La cantidad de posibilidades de despachos, horas y condiciones del sistema pueden hacer que el cálculo de éstos índices sea demasiado complejo para un sistema real. ¿Ha sido evaluado este aspecto por parte del consultor? ...”

**Ver respuesta general 4.**

“... PÁG 15: “Donde  $SN_k$  es la severidad-circuito definida en el numeral 2.4 como el producto entre el índice de severidad por sobrecarga  $SSC_k$  el número de elementos estresados  $Ns$ ”

En la práctica este cálculo es muy complejo por la cantidad de casos y simulaciones que se deben evaluar. ¿Es aplicable en casos reales de sistemas como el Colombiano?

Adicionalmente, para el cálculo de la severidad-circuito, se recomienda verificar que cuando se presente sobrecarga en varios circuitos ante una contingencia, no se contabilice doblemente la cantidad de circuitos sobrecargados y, en consecuencia, no se amplifique inadecuadamente el cálculo de la severidad. ...”

**El cálculo de  $SN$  fue eliminado en la versión final del informe para simplificar la implementación de los criterios. Sin embargo, es un valor interesante que puede informar sobre situaciones en que muchos circuitos presentan un  $SSC$  de bajo valor pero configuran una situación de alto estrés de la red**

“... • PÁG 18: “Para la función de severidad, se ha adoptado que  $S1=1$  y  $S1_{max}=10$ . El programa de despacho en estado normal (red completa) es el resultado de un modelo de Unit Commitment con modelo de red DC para 24 horas. Aunque todo el STN fue modelado, los análisis que se presentarán sólo consideran el área de GCM. ”



*¿Cómo se deben escoger esos valores? ¿Por qué éstos? ¿Qué pasa si son muy cercanos o lejanos entre ellos?*

*Siendo problema principal del área la estabilidad de tensión, ¿no sería mejor haber desarrollado el ejemplo con un modelo AC para verificar tiempos computacionales y posibles dificultades de convergencia? ..."*

**Ver respuestas anteriores y respuesta general 5.**

*"... • PÁG. 22: "Para ilustrar el efecto económico de tener los parámetros de límites de emergencia de todas las líneas y transformadores del SIN, se realizaron simulaciones basadas en el despacho del día 2 de julio de 2014, mediante un flujo DC óptimo."*

*La naturaleza del despacho es AC, luego se debe analizar con un flujo AC óptimo. ..."*

**La evaluación de la severidad de un despacho particular debe hacerse con flujo AC.**

**Ver respuesta anterior.**

*"... • PÁG. 24: "Adicionalmente cabe destacar que el evento de falla del transformador de Copey 500/230 kV tiene muy poca probabilidad de ocurrencia. Revisando los eventos de falla publicados por XM, este activo no ha registrado ninguna falla desde su entrada en operación a mediados del año 2007."*

*Debe tenerse en cuenta que 7 años de operación podría no ser un tiempo suficiente para inferir parámetros de confiabilidad de un transformador, y que de materializarse la contingencia, podría presentarse un racionamiento. ..."*

**La afirmación sobre el transformador de Copey se hace para ilustrar que es un evento de baja probabilidad. En efecto los criterios propuestos de confiabilidad tratan de encontrar un balance entre la confiabilidad y el costo por mantenerla.**

*"... • PÁG. 28: "Las restricciones de riesgo por bajo voltaje y por colapso de voltaje se podrán gestionar solamente desde un modelo de despacho óptimo AC, el cual aún no es implementado a nivel práctico, solo a nivel investigativo. Por esta razón, el Consultor considera que no es conveniente, al menos por ahora, que se imponga que este tipo de restricciones de riesgo sean consideradas en el modelo de despacho confiable. Sin embargo, el riesgo por bajo voltaje y colapso de voltaje puede ser calculado y monitoreado con las herramientas actuales y entonces es importante que se procure mantenerlo en niveles bajos mediante acciones operativas encaminadas a mejorar los perfiles de tensión en el sistema"*

*Muchas de las restricciones del sistema no se asocian a restricción eléctrica sino operativa, sin esa componente la señal de operación bajo riesgo queda de nuevo en las condiciones actuales de despacho. Sin una herramienta que pueda apoyar la operación, se hace muy complejo complementar la señal del flujo DC con la realidad operativa del SIN. ..."*

**El Consultor está de acuerdo con el comentario de disponer de buenas herramientas de toma computacionales. Las decisiones de generación son tomadas con un modelo de red DC, pero debe hacerse una validación técnica del**



**despacho con herramientas adicionales (como flujos de carga AC). Se propone una gradualidad en la aplicación de los criterios mientras se desarrollan las herramientas necesarias para realizar los cálculos. Ver respuesta general 3.**

*“... • PÁG 36: “La implementación de un criterio basado en riesgo significa un avance importante para la gestión de la confiabilidad. Infortunadamente el estado del arte actual en herramientas de toma de decisiones, no permite aún una completa implementación Sin embargo iniciar desde ahora la gestión de la confiabilidad basada en indicadores de riesgo, permitirá en un futuro próximo contar con las más avanzadas herramientas de optimización.”*

*Interesante resultado, pero queda limitado por la capacidad de las herramientas para lograr una implementación real. ...”*

**Hay herramientas que permiten implementar el SCED (incluso el RBSCED) aunque aún con modelo DC; falta completar el desarrollo para que tengan el modelo AC. Ver respuesta general 3.**

*“... • PÁG 36: “Pero es necesario realizar un buen análisis de Severidad vs Probabilidad para garantizar que efectivamente se garantiza la confiabilidad del sistema ”*

*¿De qué dimensión de volumen de trabajo se estaría hablando para un sistema real como el Colombiano? ¿Es posible dimensionar lo que conllevaría lograr este buen análisis? ...”*

**Ver respuestas generales 3 y 4.**

*“... • PÁG. 37: “En la Fase 1, se construirán las curvas de Severidad vs Probabilidad para todas las contingencias N-K Para ello se requiere del uso de herramientas avanzadas de simulación ”*

*Precisar de qué tipo y si existen tales herramientas en el mercado o se deben desarrollar. ...”*

**Ver respuestas generales 3 y 4.**

*“... • PÁG. 38: “El tiempo estimado para la implementación de la Fase 1, es de 6 meses”*

*Se considera que es un tiempo muy corto para determinar en todos los equipos del SIN límites que hoy no se conocen, y que en muchos casos van a requerir de análisis específicos y pruebas para determinar el estado de soportabilidad de los mismos. ...”*

**Es posible que el tiempo resulte corto. El tiempo propuesto se estimó analizando la complejidad de los cálculos.**

*“... • PÁG. 38: “Para esta fase (FASE 2) El Consultor propone un tiempo de implementación de 3 meses”*

*No sólo se debe contar el tiempo de definición, sino de lo que implicaría el cálculo y adecuación de las herramientas para calcularlos. ...”*

**Ver respuesta anterior.**

*“... • PÁG 38:”(FASE 3) Dada la complejidad que tiene el desarrollo de un SCED, El Consultor estima un tiempo de al menos dos años para su implementación ”*

*¿Se tienen experiencias previas que permitan calcular un tiempo aproximado al mencionado? También se debería pensar en una señal de costo o esfuerzo requerido para ese desarrollo, siendo que los tiempos de cómputo de las herramientas que se implementen deberán ser muy adecuados para lograr responder a una operación real. ...”*

**Ver respuesta general 3.**

*“... PÁG 40: “La definición de los límites STE y LTE corresponde a la corriente que lleva la temperatura del conductor Tmax en 15 minutos y en 4 horas respectivamente, después de que se produce un escalón de corriente a partir de fO Ver Figura 13”*

*¿Cómo se haría esta prueba en líneas reales? Para el caso de transformadores, ¿se tiene algún protocolo de pruebas que permita encontrar esos valores? ...”*

**Ver respuesta general 8. El diseño de procedimientos y/o protocolos para medir y evaluar los límites propuestos están fuera del alcance del objeto del presente contrato.**

*“... • PÁG 42: “Estos nuevos parámetros deberán ser declarados por los agentes operadores o administradores de los equipos, pero dado el impacto que estos tienen en el análisis de confiabilidad y en el costo de las restricciones, se recomienda que sean realizadas periódicamente auditorias técnicas que permitan verificar los valores declarados con la realidad de los equipos.”*

*Se debe verificar que tan viable es calcular los nuevos parámetros, además de quién y cómo varia la auditarla a los mismos. ...”*

**Ver respuesta general 8.**

*“... • PÁG, 49: “Para evitar este problema se puede programar una reserva operativa dentro del despacho económico que, aunque puede encarecer el costo de operación, mejora la confiabilidad en la atención de la demanda.”*

*Este comentario no es consistente con la filosofía por la cual se desarrolló el trabajo y que se menciona en la página 21 del Anexo 1. ...”*

**La recomendación de incluir reserva operativa en el despacho como una restricción adicional en el despacho, surge de la necesidad de cubrir ciertos casos de despacho en donde, justamente, no queda la suficiente reserva fría en plantas hidráulicas. Actualmente, cuando se presentan estos casos, El Operador redespacha recursos para contar con dicha reserva. El Consultor considera que la propuesta de incluir reserva operativa en el despacho es conveniente y no va en contra de la filosofía del trabajo.**

*“... • PÁG 51: “Se recomienda entonces revisar la reglamentación asociada a las maniobras en tiempo real para que los OR tengan las señales apropiadas que los conduzcan a cumplir con los tiempos de apertura y cierre programados.”*

*Debe tenerse en cuenta que la regulación ya cuenta con señales económicas orientadas al cumplimiento de los tiempos de maniobra, so pena de reducir las metas de horas anuales de indisponibilidad de los activos y aumentar la probabilidad de pago de compensaciones por parte de los agentes.*

*Adicionalmente, el comentario del consultor debería ir acompañado de un análisis de la suficiencia de los tiempos establecidos en la regulación para realizar las maniobras. Sobre esto, hace unos años, XM contrató un estudio que arrojó tiempos de maniobra superiores a los definidos por la regulación ...”*

**La recomendación surge de la realidad que se presenta en la operación diaria del SIN. El Consultor recomienda que se revise el tema con más detalle en un trabajo posterior.**

*“... • PÁG 66: “En síntesis, las tecnologías de almacenamiento contribuyen a mejorar la confiabilidad del sistema de la siguiente forma [24] [20]:... ”*

*Sobre lo anterior, se considera necesario no olvidar que el sistema tiene costos y recursos que condicionan el desarrollo real de las tecnologías, por lo cual consideramos que se debe proponer lo que finalmente impacte reduciendo los costos de la operación y restricciones y entendemos que esto aún no se ha estudiado para el caso Colombiano y que es materia de investigación que apenas se inicia.*

**El Consultor abordó el tema ya que estaba incluido dentro del objeto y alcance del contrato. Coincidimos en que el tema requiere de más madurez para ser implementado en Colombia.**

*“... • PÁG 68: “Como recurso operativo en el sistema de transmisión se han empleado los Sistemas de transmisión flexible, FACTS, estos dispositivos son alternativas particularmente justificables en situaciones que requieren una respuesta dinámica rápida.”*

*Los FACTS son en principio los equipos que más se conocen en las nuevas tecnologías disponibles para el SIN y apenas se están comenzando a cerrar las primeras experiencias con esos equipos a nivel del sistema. No obstante, se puede decir que efectivamente son los equipos que en la práctica en el corto plazo apuntan a minimizar restricciones y mejorar la confiabilidad. ...”*

**El Consultor está de acuerdo que para la incorporación de nuevos equipos al SIN, es necesario hacer estudios técnico-económicos que garanticen su viabilidad financiera.**

Por último, y como soporte a varias respuestas en el sentido de no atender algunas preguntas y planteamientos por estar fuera del alcance del contrato, consideramos importante recordar lo estipulados por la CREG:

**“OBJETO:** La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) requiere contratar expertos para realizar análisis y dar recomendaciones de criterios de confiabilidad para la operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN) de acuerdo con las características descritas en el alcance de los presentes términos.

**ALCANCE:** El consultor deberá realizar recomendaciones sobre criterios de confiabilidad para la operación del SIN. El consultor realizará análisis en forma cualitativa y cuantitativa de los criterios de confiabilidad para la operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN) identificando entre otros los siguientes aspectos:

- a. Criterios de confiabilidad determinísticos. Análisis y recomendación de criterios de confiabilidad determinísticos aplicados a la operación de sistemas eléctricos de potencia.
- b. Criterios de confiabilidad probabilísticos. Análisis y recomendación de criterios de confiabilidad probabilísticos aplicados a la operación de sistemas eléctricos de potencia.
- c. Utilización de los recursos. Evaluaciones y recomendaciones sobre la utilización de los recursos que son despachados bajo distintos criterios de confiabilidad en la operación.
- d. Nuevas tecnologías. Análisis y evaluación de nuevas tecnologías aplicadas a la reducción del costo de las restricciones y que puedan ser utilizadas en la operación.
- e. Precio de las restricciones. Evaluaciones y recomendaciones sobre el comportamiento del precio de las restricciones bajo distintos criterios de confiabilidad en la operación

El consultor deberá identificar los costos y los beneficios, de la aplicación de criterios determinísticos y probabilísticos para la operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y dar recomendaciones sobre ajustes que se consideren pertinentes. El consultor podrá apoyarse en experiencias de mercados mayoristas de energía internacionales y que puedan ser aplicables en el mercado local, bajo un sustento teórico y/o cuantitativo.”