COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

PILOTO DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE REPORTE DE INFORMACIÓN PERIÓDICA

Informe de Resultados

TECNOLOGÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Noviembre de 2026

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO **4**
1. INTRODUCCIÓN **6**
3. ALCANCE **6**
3.1 Alcance del Piloto 6
3.2 Aspectos fuera del alcance 7
4. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PILOTO **8**
4.1 Evolución del Piloto 8
4.2 Modelo de interoperabilidad Propuesto 10
4.2.1 Estándar de intercambio de información 10
4.2.2 Mecanismos de Integración 10
4.3 Arquitectura Tecnológica Implementada 11
4.3.1 Recepción y Almacenamiento de Información 11
4.3.2 Gestión de Eventos y Procesamiento 12
4.3.3 Servicios de Integración y Notificación 12
4.3.4 Trazabilidad del Proceso 13
4.4 Flujo de Validación y Procesamiento 13
4.5 Seguridad y Controles Implementados 15
4.5.1 Control de Acceso y Autenticación 15
4.5.2 Mecanismos Seguros de Transferencia 15
4.5.3 Integridad y Confiabilidad del Procesamiento 16
4.5.4 Trazabilidad y Auditoría 17
4.5.5 Seguridad de las Comunicaciones y Notificaciones 17
4.6 Monitoreo, Observabilidad y Métricas 18
4.7 Capacidades Implementadas 18
5. EJECUCIÓN DEL PILOTO **20**
5.1 Operadores Participantes 20
5.2 Estrategia de Acompañamiento Técnico 21
5.3 Formatos Evaluados 21

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

5.4 Pruebas y Mejoras Incorporadas 22
6. RESULTADOS DEL PILOTO **23**
6.1 Esfuerzo de Implementación Reportado por los Operadores 23
6.2 Análisis Comparativo de Resultados 25
6.2.1 Transformación del reporte al Formato JSON 25
6.2.2 Implementación de los Mecanismos de Intercambio 26
6.2.3 Infraestructura Requerida 27
6.2.4 Impacto Operativo y Automatización 28
6.3 Hallazgos Relevantes del Piloto 29
7. CONCLUSIONES Y APRENDIZAJES **30**
7.1 Conclusiones 30
7.2 Beneficios Identificados 32
7.2.1 Beneficios para la CRC 32
7.2.2 Beneficios para los Operadores 32
8. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS 33

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

PILOTO DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE REPORTE DE INFORMACIÓN PERIÓDICA

RESUMEN EJECUTIVO

La Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) desarrolló el **Piloto de Automatización del Proceso de Reporte de Información Periódica** con el propósito de evaluar la viabilidad técnica y operativa de un modelo de interoperabilidad que permita modernizar la forma en que los operadores entregan información regulatoria a la entidad. El piloto buscó avanzar a un esquema estandarizado, trazable y con capacidades de validación y retroalimentación.

Para esta evaluación se trabajó con **seis operadores**, considerando diferentes niveles de madurez tecnológica y los formatos regulatorios **T1.1, T1.3 y T1.5**. Se definieron estructuras estandarizadas para el intercambio de información y se implementaron dos mecanismos seguros de entrega: **API**, orientado a integraciones automatizadas entre sistemas, y **SFTP**, basado en transferencia segura de archivos. Ambos mecanismos convergen en un mismo proceso central de recepción, validación, procesamiento, trazabilidad y generación de resultados para los operadores. Adicionalmente, se diseñó conceptualmente un tercer mecanismo de descarga automática desde infraestructura del operador, cuya implementación no hizo parte del alcance del piloto.

Los resultados demostraron la **viabilidad técnica y operativa del modelo** y evidenciaron que no es necesario establecer un único mecanismo de intercambio para todos los operadores. API y SFTP pueden coexistir, permitiendo que cada organización utilice la alternativa que mejor se ajuste a sus capacidades tecnológicas, sin modificar las reglas centrales de validación, procesamiento y trazabilidad aplicadas por la CRC. Asimismo, el piloto permitió comprobar la capacidad de incorporar nuevos formatos y versiones sin modificar el núcleo general de la solución.

Frente a los mecanismos actualmente utilizados, el piloto evidenció ventajas asociadas principalmente a la **automatización del intercambio de información, reducción de tiempos y actividades manuales, trazabilidad del procesamiento y generación automática de retroalimentación**. Una vez implementada la transformación y automatización, se reportaron reducciones importantes en actividades recurrentes: en uno de los escenarios evaluados, la generación de un reporte pasó de aproximadamente **2.880 minutos bajo el esquema tradicional basado en Excel a cerca de 5 minutos para la generación del archivo JSON**. Estas eficiencias corresponden a la operación

posterior a la implementación y no incluyen el esfuerzo inicial requerido para adaptar los procesos de cada operador.

El piloto también mostró que la adopción requiere un **esfuerzo inicial de implementación que varía entre operadores**, dependiendo de su arquitectura, infraestructura y nivel de automatización existente. No obstante, los participantes pudieron reutilizar infraestructura disponible y no identificaron inversiones significativas en hardware o infraestructura física para participar en el ejercicio. Por ello, la evaluación de viabilidad no debe considerar únicamente el esfuerzo inicial, sino también las eficiencias en las actividades repetitivas posteriores de generación periódica de reportes.

Como resultado, se recomienda avanzar hacia una eventual implementación productiva mediante una **transición gradual**. Esta evolución deberá contemplar aspectos adicionales que no hicieron parte integral del piloto, como dimensionamiento para producción, seguridad, operación, soporte, gestión del cambio y periodos adecuados de transición. También se recomienda mantener el modelo de interoperabilidad independiente del formato de intercambio: aunque **JSON** resultó adecuado para los formatos evaluados, escenarios de grandes volúmenes de información podrían requerir alternativas como **CSV u otros formatos**, conservando un modelo común de validación, trazabilidad y procesamiento.

En síntesis, el piloto proporciona evidencia favorable para evolucionar hacia un modelo de reporte regulatorio automatizado, flexible y trazable, capaz de reducir actividades manuales y tiempos operativos, sin imponer una única alternativa tecnológica a todos los operadores. Su evolución hacia producción deberá realizarse de manera progresiva, incorporando las condiciones operativas, de seguridad, soporte y de transición necesarias para su adopción institucional.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

PILOTO DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE REPORTE DE INFORMACIÓN PERIÓDICA

1. INTRODUCCIÓN

El piloto de automatización del proceso de reporte de información periódica tuvo como propósito evaluar la viabilidad técnica y operativa de un modelo de interoperabilidad para la recepción, validación y procesamiento automatizado de la información reportada por los operadores de servicios de telecomunicaciones a la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC).

Durante su ejecución se diseñó e implementó una plataforma basada en servicios en la nube, orientada a automatizar el intercambio de información mediante formatos estructurados, mecanismos seguros de transferencia y validaciones automáticas, reduciendo la intervención manual y fortaleciendo la trazabilidad del proceso.

El piloto contempló la participación de diferentes operadores de telecomunicaciones y el equipo técnico de la CRC, quienes permitieron validar el funcionamiento integral de los diferentes mecanismos de solución propuestos e implementados, la ejecución de pruebas reales, la identificación de oportunidades de mejora y la consolidación de recomendaciones para una eventual implementación institucional.

2. OBJETIVO

Diseñar, implementar y validar una solución de interoperabilidad para el acceso automatizado a los datos reportados por los operadores de Telecomunicaciones, que incorpore mecanismos seguros para la exposición y recepción de los reportes de información, un modelo estandarizado de intercambio de información y procesos automatizados de validación y retroalimentación, con el fin de evaluar su viabilidad técnica y operativa para una futura implementación en un entorno productivo.

3. ALCANCE

3.1 Alcance del Piloto

El piloto de automatización del proceso de reporte de información periódica tuvo como alcance el diseño, implementación y validación de un modelo de interoperabilidad para la recepción, validación y

procesamiento automatizado de la información reportada por los operadores a la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC).

Durante el desarrollo del piloto se implementaron y evaluaron los componentes tecnológicos necesarios para soportar el ciclo completo de intercambio de información, desde la recepción de los archivos hasta la notificación automática del resultado del procesamiento, permitiendo validar la viabilidad técnica y operativa del modelo propuesto.

Comprendió el diseño, implementación y validación de una solución de interoperabilidad para el acceso automatizado a los datos reportados por los operadores. Como parte de su alcance, se definió e implementó la arquitectura tecnológica del modelo de interoperabilidad, así como un estándar de intercambio de información basado en JSON y JSON Schema con mecanismos de versionamiento para los formatos de reportes de información regulados T1.1, T1.3 y T1.5. En este contexto, se reorientó el formato T1.5, originalmente compuesto por seis hojas de cálculo independientes, hacia una única estructura jerárquica en formato JSON, con el propósito de estandarizar el intercambio de información, simplificar su implementación y facilitar su evolución futura.

Asimismo, se implementaron mecanismos seguros para la exposición y recepción de los reportes de información mediante API y SFTP. La solución incorporó procesos automatizados para la recepción, almacenamiento, validación, procesamiento, trazabilidad y retroalimentación de los reportes, incluyendo validaciones estructurales e iniciales de negocio, la integración con servicios parametrizados para la validación de catálogos y mecanismos automáticos de notificación mediante Webhook y archivos de estado.

Como complemento, el piloto incluyó la elaboración de la documentación técnica y de integración para los operadores, la ejecución de pruebas funcionales técnicas y de desempeño con información suministrada por los participantes, el acompañamiento técnico durante el proceso de adopción y la incorporación de mejoras derivadas de los hallazgos y la retroalimentación obtenida durante su ejecución.

3.2 Aspectos fuera del alcance

El piloto fue concebido como un ejercicio de validación tecnológica y operativa, por tanto, no contempló:

- La puesta en operación definitiva del modelo de interoperabilidad como servicio institucional.

- La migración de la totalidad de los formatos de Reportes de Información regulados y administrados por la CRC.
- La incorporación de la totalidad de las reglas de negocio asociadas a cada formato regulado, limitándose a las necesarias para validar la viabilidad del modelo.
- La integración con los procesos institucionales de explotación analítica o consolidación de la información reportada.
- La definición del modelo definitivo de operación, soporte y gobierno del servicio para un ambiente de producción.

4. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PILOTO

4.1 Evolución del Piloto

El piloto de automatización del Proceso de Reporte de Información Periódica se desarrolló de manera incremental, permitiendo validar progresivamente el modelo propuesto, incorporar la retroalimentación de los Operadores de Telecomunicaciones participantes y ajustar tanto el estándar de intercambio como los mecanismos tecnológicos implementados.

En la siguiente Figura se resumen las principales etapas desarrolladas durante el piloto, desde la definición del modelo de interoperabilidad hasta la validación de la solución con operadores participantes y la consolidación de las recomendaciones para una futura implementación en un entorno productivo.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA



Figura 1. Evolución del piloto de automatización del proceso de reporte de información periódica.

La evolución del piloto evidencia un proceso iterativo de construcción, validación y mejora continua, en el que la retroalimentación de los operadores permitió fortalecer tanto el estándar de intercambio como la solución tecnológica implementada.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

4.2 Modelo de interoperabilidad Propuesto

4.2.1 Estándar de intercambio de información

El formato oficial de intercambio definido para el piloto es JSON (JavaScript Object Notation), validado contra un JSON Schema oficial publicado por la CRC. Esta decisión responde a la necesidad de contar con un estándar abierto, ampliamente soportado y fácil de generar de forma automatizada, que además permita definir con precisión la estructura y los tipos de datos esperados en cada reporte.

4.2.2 Mecanismos de Integración

El modelo de interoperabilidad definido para el piloto contempla múltiples mecanismos de intercambio que convergen en un único proceso de recepción y procesamiento. De esta forma, el canal utilizado por cada operador deja de ser un elemento diferenciador del procesamiento interno de la plataforma.

La propuesta en su fase inicial y de socialización definió tres mecanismos de integración para el Piloto, diseñados para cubrir distintos escenarios y capacidades tecnológicas. Durante la ejecución del Piloto se implementaron y validaron los mecanismos 1 y 2; el tercero fue diseñado como alternativa para situaciones específicas, pero no se requirió su implementación:

- Mecanismo 1 – Envío mediante API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) segura con enlace temporal (SAS URL)
- Mecanismo 2 – Envío mediante transferencia segura de archivos (SFTP)
- Mecanismo 3 – Exposición del archivo para descarga automática por la plataforma (diseñado, no implementado en el Piloto)

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

4.3 Arquitectura Tecnológica Implementada



Figura 2. Arquitectura Azure del piloto de automatización del proceso de reporte de información periódica

4.3.1 Recepción y Almacenamiento de Información

Utiliza el servicio de Azure Blob Storage que actúa como repositorio central donde terminan todos los archivos entregados por los operadores, independiente del mecanismo utilizado. Mantiene una estructura organizada por operador con subcarpetas diferenciadas para la entrada de archivos (/input/) y los resultados del procesamiento y validación de los archivos (/status/). En el mecanismo 2, este mismo servicio actúa como servidor SFTP nativo, eliminando la necesidad de infraestructura adicional.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

4.3.2 Gestión de Eventos y Procesamiento

- **Azure Event Grid - Detección de eventos y disparo del procesamiento**

Detecta en tiempo real cuando un nuevo archivo ha sido cargado en el almacenamiento y genera automáticamente un evento de creación de archivo, que desencadena el resto del flujo del procesamiento. Gracias a este componente, la plataforma responde de forma inmediata a cada entrega sin consultar periódicamente si llegaron archivos nuevos, lo que reduce tiempos de respuesta y consumo de recursos.

- **Azure Service Bus – Cola de Mensajería y resiliencia**

Recibe los eventos generados por Event Grid y los encola para su procesamiento ordenado. Su función principal es desacoplar el momento en que llega un archivo del momento en el que se procesa, garantizando que ningún archivo se pierda, aunque el sistema esté bajo alta carga o experimente una falla transitoria. Incluye una cola principal y una que retiene los mensajes que no pudieron procesarse correctamente para su revisión y eventual reprocesamiento controlado (Dead Letter Queue – DLQ).

- **Azure Functions – Validadores y Motor de procesamiento**

Núcleo computacional de la plataforma: Funciones de ejecución bajo demanda que se activan cuando un mensaje llega a la cola de procesamiento y se ejecutan todas las validaciones del archivo (nombre y metadatos, estructura JSON, conformidad con el JSON Schema y reglas de negocio del formato), registran el estado del procesamiento en cada etapa, administra la máquina de estados y determinan si el archivo o reporte es aceptado o rechazado. Cuando un archivo es aceptado, se asigna automáticamente un numero de radicado único como comprobante de recepción.

4.3.3 Servicios de Integración y Notificación

- **Azure Function – Generador de SAS Token (Mecanismo 1)**

Función especializada que interviene únicamente en el Mecanismo 1. Cuando un operador solicita un enlace de carga, esta función autentica su identidad, genera un SAS Token con permisos limitados exclusivamente para la operación de escritura sobre su carpeta asignada, y define un tiempo de expiración corto. El token del enlace garantiza que sólo sea de un uso y para el envío del formato especificado.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

- **Azure Function – Webhook Notificador**

Función responsable de enviar una notificación con el resultado del procesamiento al operador. Para el mecanismo 1, envía la notificación a través de una url registrada por el operador, para el mecanismo 2 copia el archivo de resultados en la subcarpeta status del formato procesado. La notificación incluye el estado de "Aceptado" o "Rechazado" y dentro del contenido el radicado de aprobación si es aceptado o el detalle de los errores si es rechazado. En ambos casos, la notificación incluye una firma digital que permite al operador verificar su autenticidad.

4.3.4 Trazabilidad del Proceso

- **Application Insights – Trazabilidad de Aplicaciones y Errores**

Proporciona trazabilidad detallada a nivel de aplicación sobre la ejecución de las Azure Functions. Registra tiempo de procesamiento de cada función, número de peticiones exitosas y fallidas, las excepciones producidas y el rastro completo de cada ejecución. Esta información es esencial para diagnosticar errores e identificar cuellos de botella y mejoras en el sistema.

- **Azure Metrics – Métricas de Rendimiento y Disponibilidad**

Registra de forma continua indicadores cuantitativos de rendimiento de cada servicio: tiempo de respuesta, numero de mensajes en cola, tasa de procesamiento, uso de CPU y memoria de las Azure Functions y latencia de operaciones sobre el almacenamiento. Estas métricas ayudan a evaluar el desempeño real del sistema y para redimensionar adecuadamente la infraestructura en una eventual implementación productiva.

Además de estas implementaciones es posible tener Alertas, que permite dar aviso sobre condiciones anómalas, como una acumulación excesiva en la cola de mensajes fallidos (DLQ), tasas altas de errores, tiempos altos de procesamiento, etc; así como también, diseñar un Dashboard para dar una mejor visibilidad del sistema.

4.4 Flujo de Validación y Procesamiento

Independientemente del mecanismo utilizado por el operador (API o SFTP), todos los archivos siguen exactamente el mismo proceso interno una vez ingresan a la plataforma. Esto garantiza consistencia, trazabilidad y uniformidad en el tratamiento de la información.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA



Figura 3. Flujo de validación y procesamiento de archivos.

Como se muestra en la gráfica, los archivos pasan por el siguiente flujo de controles:

- Verificación de Formato y Estructura: Se confirma que el archivo tiene el formato esperado y que su contenido cumple con la estructura definida para ese reporte.
- Verificación de Reglas de Negocio: además de la estructura, se valida que los datos tengan sentido según reglas específicas de cada tipo de reporte. Por ejemplo, para uno de los tipos de reporte se implementó una validación que compara los municipios reportados contra el catálogo oficial de municipios de Colombia (DIVIPOLA), para asegurar que solo se acepten municipios que realmente existen.
- Verificación de Consistencia Interna: Se revisa que los registros dentro del archivo estén numerados correctamente y la información esté completa en relación con la definición de la estructura.
- Decisión y Registro: El resultado (aceptado o rechazado y el motivo) conserva una trazabilidad para identificar el formato a que pertenece el archivo y el operador que lo remite.
- Numero de Radicado: Cuando un archivo es aceptado, se le asigna automáticamente un numero de radicado único, que sirve como comprobante formal ante la CRC.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

- Notificación Automática: el operador recibe una confirmación del resultado de su envío, incluyendo el detalle de los errores si los hubiera, sin intervención manual.
- Consulta de Estado: tanto el operador como la CRC pueden consultar en cualquier momento en que punto del proceso se encuentra un archivo especifico.

4.5 Seguridad y Controles Implementados

La solución implementada durante el piloto incorporó un conjunto de controles de seguridad orientados a garantizar la autenticidad de los participantes, la confidencialidad de la información intercambiada, la integridad de los datos reportados y la trazabilidad completa del proceso de recepción, validación y procesamiento. Estos controles fueron diseñados para operar de manera homogénea, independientemente del mecanismo de interoperabilidad utilizado por el operador de telecomunicaciones, permitiendo mantener un marco uniforme de seguridad y gobernanza sobre la información recibida por la CRC.

4.5.1 Control de Acceso y Autenticación

- Cada operador únicamente puede acceder a los recursos y archivos asociados a su organización.
- Validación de identidad previa a cualquier operación de carga o consulta.
- Uso de llaves SSH individuales para los operadores que utilizan el mecanismo SFTP.
- Eliminación del uso de contraseñas compartidas.

4.5.2 Mecanismos Seguros de Transferencia

- Enlaces temporales de carga (SAS URL) con vigencia limitada.
  Uso de enlaces de un único uso con restricciones para el reporte del formato indicado por el operador en la solicitud de autenticación y con un tiempo de vida corto para reducir riesgos de uso compartido.

- Permisos restringidos únicamente a la operación autorizada.
  Tanto la autenticación de la API como la del SFTP permiten la identificación del operador como los permisos asignados para el envío de archivos o la consulta de carpetas.

- Transferencia segura mediante HTTPS para API.
  Uso de certificados digitales para garantizar el cifrado de los datos que se transfieren y para generar confianza en la identificación de la entidad como propietario del sitio que recibe los datos.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

- Transferencia segura mediante protocolo SFTP para intercambio de archivos.
  El protocolo SFTP estable un canal de comunicación entre el usuario cliente y el servidor, haciendo un cifrado de los datos que se transportan. También utiliza mecanismos de verificación de la integridad de los archivos como por ejemplo funciones hash.

4.5.3 Integridad y Confiabilidad del Procesamiento

- Validación automática de estructura JSON.
  Verificación de la estructura sintáctica, correspondencia de los datos con el formato definido y validación de caracteres especiales o codificaciones inválidas que puedan truncar el flujo de procesamiento.

- Validación contra JSON Schema oficial.
  El JSON Schema contiene un conjunto de especificaciones definidas por la entidad para el cumplimiento de reglas como obligatoriedad, rangos de datos permitidos, longitudes, formatos, entre otras propias que se incluyen según la necesidad de cada formato y que el operador puede aplicar de manera estándar antes de realizar el envío de los archivos.

- Validaciones iniciales de reglas de negocio.
  Las validaciones de negocio corresponden a reglas adicionales que por su naturaleza no están incluidas en el JSON Schema, tales como verificación de códigos de referencias para datos de dominio como por ejemplo DIVIPOLA, obligatoriedad o dependencia condicional de ciertos atributos, restricciones regulatorias, entre otras.

- Verificación de consistencia interna de los registros reportados.
  El objetivo es prevenir inconsistencias derivadas de errores en el reporte, haciendo una verificación de unicidad para evitar duplicados, integridad entre relaciones de registros, etc.

- Control para evitar el procesamiento de archivos incompletos o aún en transferencia mediante SFTP.
  Estos controles evitan el iniciar un procesamiento de datos con archivos que estén incompletos o esté corrupto. Por tanto, los eventos de procesamiento son disparados una vez finaliza la carga del archivo y se garantiza que no existan otros procesos de escritura activos sobre la misma ubicación.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

4.5.4 Trazabilidad y Auditoría

La solución permite realizar seguimiento a cada reporte desde el momento en que es recibido hasta la generación y entrega de su resultado. Para ello, registra las diferentes etapas por las que atraviesa el archivo, permitiendo conocer si fue recibido, se encuentra en validación, fue aceptado o rechazado y si el resultado ya fue informado al operador.

Este seguimiento proporciona trazabilidad sobre todo el ciclo de procesamiento, facilita la consulta del estado de los reportes, evita reprocesamientos duplicados y permite conservar información sobre los tiempos y resultados de cada etapa. A nivel técnico, esta capacidad se implementó mediante una máquina de estados asociada a cada archivo.

4.5.5 Seguridad de las Comunicaciones y Notificaciones

La solución implementada incorpora mecanismos de retroalimentación automática que informan al operador el resultado del procesamiento de cada reporte sin intervención manual. Una vez finalizadas las validaciones estructurales y de negocio, la plataforma genera una respuesta que indica si el archivo fue aceptado o rechazado, incluyendo el detalle de las observaciones o errores identificados cuando corresponda. Para los operadores que utilizan el mecanismo API, la notificación se realiza automáticamente mediante un servicio de recepción de resultados configurado por el operador. En el caso de los operadores que utilizan SFTP, la respuesta se publica en un archivo de estado disponible en su espacio seguro dentro de la plataforma.

Todas las respuestas generadas por la plataforma incorporan una firma digital con el propósito de garantizar la autenticidad e integridad de la información entregada a los operadores. Este mecanismo permite identificar que la notificación fue emitida por la CRC y proporciona evidencias de que su contenido no ha sido modificado después de ser generado por la plataforma. La firma digital se incorpora tanto en las notificaciones enviadas a través del mecanismo API como en los archivos de estado generados para el mecanismo SFTP.

La implementación de firmas digitales permite que los operadores realicen verificaciones automáticas o manuales sobre las respuestas recibidas. Mediante este proceso, los operadores pueden confirmar que la notificación proviene efectivamente de la plataforma de la CRC y que la información contenida en ella no fue alterada durante su transmisión o almacenamiento. Este control fortalece la confiabilidad del modelo de interoperabilidad y proporciona garantías adicionales sobre la validez de los resultados comunicados durante el proceso de validación y procesamiento de los reportes.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

4.6 Monitoreo, Observabilidad y Métricas

La solución implementada durante el piloto incorporó capacidades de monitoreo, observabilidad y medición que permiten conocer en tiempo real el comportamiento de la plataforma, realizar seguimiento al procesamiento de los reportes, identificar incidentes operativos y obtener indicadores de desempeño para una eventual implementación en producción. Estas capacidades contribuyen a garantizar la confiabilidad, trazabilidad y operación continua del modelo de interoperabilidad.

La plataforma dispone de mecanismos de monitoreo que permiten supervisar continuamente la disponibilidad y el estado de los componentes que participan en el procesamiento de la información.

Permite conocer:

- Estado operacional de los servicios que conforman la solución.
- Disponibilidad de los componentes tecnológicos.
- Comportamiento general del procesamiento de reportes.
- Identificación temprana de anomalías o degradaciones del servicio.

La solución registra el recorrido completo de cada archivo desde su recepción hasta la generación y entrega del resultado al operador.

Las capacidades de trazabilidad permiten:

- Conocer en qué etapa se encuentra cada reporte.
- Consultar fechas y horas de cada transición del proceso.
- Identificar errores ocurridos durante el procesamiento.
- Evitar duplicidades y reprocesamientos inconsistentes.
- Mantener un historial completo del ciclo de vida de cada archivo.

4.7 Capacidades Implementadas

Como resultado de la ejecución del piloto, se implementó una solución de interoperabilidad compuesta por un conjunto de capacidades técnicas y funcionales que permiten soportar el acceso automatizado a

los datos reportados por los operadores. Estas capacidades abarcan desde la estandarización del intercambio de información y los mecanismos de integración, hasta la automatización del procesamiento, la validación, la trazabilidad y la retroalimentación del proceso, constituyendo la base tecnológica para una futura implementación en un entorno productivo.

CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
Modelo de Interoperabilidad	Arquitectura y estándar de intercambio basado en JSON y JSON Schema con versionamiento.
Formatos de Reportes de Información Regulados	Diseño, parametrización y validación de los formatos T1.1, T1.3 y T1.5, incluyendo la reorientación del T1.5 hacia un modelo JSON unificado.
Mecanismos de Integración	API Segura y SFTP
Procesamiento Automatizado	Recepción, almacenamiento, validación y procesamiento automático de los reportes.
Validaciones	Validaciones estructurales y validaciones iniciales de negocio, con integración a servicio externos paramétricos ej. DIVIPOLA.
Trazabilidad	Seguimiento del estado de los reportes durante todo el ciclo de procesamiento.
Retroalimentación	Notificaciones automáticas mediante Webhook y archivos de estado.
Soporte a operadores	Documentación técnica, especificaciones de integración, pruebas y acompañamiento durante el piloto.

Tabla 1. Capacidades implementadas

En conjunto, las capacidades implementadas permitieron validar un modelo de interoperabilidad capaz de soportar la recepción automatizada de información, aplicar controles de calidad sobre los datos reportados, proporcionar trazabilidad completa sobre el proceso y ofrecer mecanismos de retroalimentación a los operadores, constituyendo una base tecnológica para futuras etapas de evolución e implementación institucional.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

5. EJECUCIÓN DEL PILOTO

5.1 Operadores Participantes



Figura 4. Participantes del Piloto

El piloto contó con la participación de seis (6) operadores de servicios de telecomunicaciones, con diferentes características y capacidades tecnológicas. Esta diversidad permitió evaluar el modelo en escenarios reales y analizar distintas alternativas para la generación, transferencia y recepción de los reportes.

Cada operador seleccionó el mecanismo de integración que mejor se ajustaba a sus capacidades y procesos internos. Algunos implementaron y probaron más de un mecanismo, mientras que otros

concentraron su participación en una única alternativa. Esta experiencia permitió comprobar que los mecanismos evaluados pueden coexistir dentro de un mismo modelo, manteniendo un proceso común de validación, procesamiento y trazabilidad.

5.2 Estrategia de Acompañamiento Técnico

La CRC realizó un acompañamiento continuo a los operadores durante la ejecución del piloto mediante un ciclo estructurado de cinco (5) sesiones de trabajo por participante.

Estas sesiones permitieron presentar el modelo y los mecanismos de interoperabilidad, acompañar las actividades de integración, resolver inquietudes e incidencias, ejecutar pruebas y recoger observaciones sobre la experiencia de implementación.

Como resultado de este trabajo conjunto, durante el piloto se actualizaron progresivamente los artefactos técnicos entregados a los operadores, entre ellos los esquemas de validación, ejemplos de archivos, manuales, colecciones de servicios y especificaciones de integración. Esto permitió mantener la documentación alineada con la evolución de la solución y con los hallazgos identificados durante las pruebas.

5.3 Formatos Evaluados

Para validar el modelo de interoperabilidad se priorizaron los formatos de Reportes de Información **Formato T.1.1.** Ingresos, **Formato T.1.3.** Líneas o accesos y valores facturados o cobrados de servicios fijos individuales y empaquetados y **Formato T.1.5.** Acceso móvil a internet. Para cada uno se definieron las estructuras de intercambio y los esquemas de validación necesarios para verificar automáticamente la conformidad de la información recibida.

Uno de los ejercicios más relevantes correspondió al formato T.1.5, que originalmente estaba compuesto por seis hojas de cálculo independientes. Durante el piloto se reorientó hacia una única estructura jerárquica en JSON, permitiendo consolidar la información bajo un modelo estandarizado y facilitando su validación, versionamiento y procesamiento automatizado.

El trabajo realizado con estos tres formatos permitió comprobar la capacidad del modelo para atender estructuras de información con diferentes características y proporcionó aprendizajes para su futura extensión hacia otros reportes regulatorios.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

5.4 Pruebas y Mejoras Incorporadas

La validación de la solución se realizó mediante pruebas funcionales, técnicas y de desempeño utilizando información suministrada por los operadores participantes. Estas pruebas permitieron verificar el funcionamiento de los mecanismos de intercambio, la recepción de los archivos, las validaciones estructurales e iniciales de negocio, la trazabilidad del procesamiento y la generación de respuestas para los operadores.
Las pruebas permitieron validar:

- Los mecanismos de interoperabilidad API y SFTP.
- Los formatos regulatorios T1.1, T1.3 y T1.5.
- El proceso automatizado de recepción y procesamiento de reportes.
- Las validaciones estructurales y reglas iniciales de negocio.
- La generación automática de respuestas para los operadores.
- Los mecanismos de trazabilidad y consulta de estado.

El proceso de pruebas permitió además identificar situaciones que requerían ajustes técnicos. Entre ellas, se evidenció la necesidad de garantizar que los archivos transferidos mediante SFTP fueran procesados únicamente después de finalizar completamente su carga, especialmente en escenarios con archivos de mayor tamaño. También se identificó la conveniencia de administrar los esquemas de validación de forma independiente de la lógica de la aplicación, facilitando su actualización y versionamiento.

Las pruebas se realizaron utilizando información suministrada por los operadores para los formatos T1.1, T1.3 y T1.5, correspondiente a diferentes periodos de reporte de 2025 y 2026. Esta estrategia permitió evaluar la solución con información de distintos ciclos regulatorios y no únicamente con archivos construidos específicamente para el piloto.

Durante la ejecución se realizaron además múltiples ciclos de carga sobre algunos formatos y periodos. Estas iteraciones permitieron corregir hallazgos, ajustar la información o los esquemas cuando correspondía y ejecutar nuevamente las validaciones, haciendo parte del proceso incremental de pruebas y mejora de la solución.

Formato	Periodos evaluados
Formato T.1.1. **Ingresos**	Periodos de 2025 y 2026
Formato T.1.3. **Líneas o accesos y valores facturados o cobrados de servicios fijos individuales y empaquetados**	Periodos de 2025 y 2026
Formato T.1.5. **Acceso móvil a internet**	Periodos de 2025 y 2026
Iteraciones	Se realizaron múltiples cargas y revisiones sobre algunos periodos

Tabla 2. Periodos de prueba

En conjunto, la ejecución con operadores reales permitió validar el funcionamiento del modelo, identificar diferencias en los niveles de esfuerzo y capacidades tecnológicas de los participantes, y obtener los insumos necesarios para establecer las conclusiones y recomendaciones de una eventual implementación en producción.

6. RESULTADOS DEL PILOTO

La ejecución del piloto permitió obtener evidencia práctica sobre la viabilidad técnica y operativa del modelo de interoperabilidad propuesto por la CRC. Los resultados obtenidos permitieron analizar el esfuerzo requerido para la adopción del modelo, evaluar el impacto de los mecanismos de interoperabilidad sobre los procesos de reporte y recopilar hallazgos relevantes para una eventual implementación institucional.

6.1 Esfuerzo de Implementación Reportado por los Operadores

Como parte del cierre del piloto, se recopiló información sobre los recursos y tiempos asociados a la implementación del mecanismo de intercambio de información. La información permite identificar el esfuerzo requerido para la transformación de los archivos y para la implementación de los mecanismos de transmisión evaluados.

Los valores reportados corresponden a las condiciones particulares de cada operador y, por tanto, no representan una estimación estándar de esfuerzo para una eventual implementación generalizada.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

Operador	Transformación Excel → JSON	Canal de transmisión	Esfuerzo del canal
OPERADOR 1	58 h	API / SFTP	56 h / 44 h
OPERADOR 2	18 h	SFTP	5 h
OPERADOR 3	51 h	SFTP	72 h
OPERADOR 4	35 h	API	45 h

Tabla 3. Esfuerzo de implementación

6.1.2 Tiempos asociados al proceso de generación y entrega

Operador	Generación HECAA	Generación JSON	Diferencia	Entrega
OPERADOR 1	2.880 min	5 min	-2.875 min	API/SFTP
OPERADOR 2	20 min	30 min	+10 min	SFTP: 10 min
OPERADOR 3	960 min	960 min	0 min	SFTP: 10 min
OPERADOR 4	480 min	39 min	-441 min	API: 4 min

Tabla 4. Esfuerzo de generación y entrega

Los resultados muestran comportamientos diferenciados entre los operadores. Los valores presentados constituyen evidencia de las condiciones observadas durante el piloto y sirven como insumo para valorar, en una eventual implementación, los requerimientos particulares de cada organización. Las diferencias observadas están relacionadas con las condiciones tecnológicas existentes, las herramientas disponibles, el grado de automatización de los procesos, lo procesos internos para preparación y autorización de información y el mecanismo de intercambio implementado.

6.1.3 Esfuerzo inicial frente a los ciclos recurrentes de reporte

Los resultados obtenidos durante el piloto evidencian que la adopción del **Modelo de Interoperabilidad** implica un esfuerzo inicial asociado principalmente a la transformación del modelo de datos y a la implementación de los mecanismos de intercambio. Este esfuerzo inicial puede entenderse como una inversión de adopción que se amortiza en los ciclos posteriores de reporte, al tratarse de procesos recurrentes y susceptibles de automatización. Adicionalmente, los beneficios del

modelo no se limitan a la reducción de tiempos operativos, sino que incorporan capacidades de estandarización de la información, validación automática, trazabilidad del proceso de intercambio y retroalimentación sobre la calidad de la información reportada.

En este sentido, el esfuerzo inicial debe analizarse de manera conjunta con los beneficios potenciales derivados de la utilización recurrente del modelo, considerando no solamente los tiempos de procesamiento, sino también la estandarización de la información, las validaciones automáticas, la trazabilidad y la retroalimentación generada durante el intercambio.

6.1.4 Consideraciones derivadas de la información reportada

La información recopilada evidencia que el esfuerzo de adopción y los beneficios obtenidos varían entre operadores. Por lo anterior, los resultados del piloto no permiten establecer un único valor de esfuerzo o una reducción uniforme de tiempos aplicable al conjunto de operadores.

La información cuantitativa presentada corresponde a los operadores que suministraron el formato de recursos, tiempos y observaciones. Las observaciones de los operadores que no contaron con información cuantitativa comparable fueron consideradas en el análisis cualitativo y en los hallazgos derivados de las sesiones de cierre.

6.2 Análisis Comparativo de Resultados

Los resultados obtenidos durante el piloto evidenciaron diferencias en los esfuerzos requeridos para la adopción del modelo de interoperabilidad, asociadas principalmente a las capacidades tecnológicas existentes, los niveles de automatización de los procesos de reporte y la infraestructura disponible en cada organización. A partir de la información suministrada por los operadores participantes, fue posible realizar un análisis comparativo de los principales factores que influyeron en la implementación del modelo y en los beneficios observados durante su ejecución.

6.2.1 Transformación del reporte al Formato JSON

Uno de los principales hallazgos identificados durante el piloto fue que el mayor esfuerzo de adopción no estuvo asociado a la implementación de los mecanismos de intercambio de información, sino a la transformación de los reportes regulatorios hacia el formato JSON definido para el modelo de interoperabilidad.

Los operadores participantes debieron analizar la estructura de los reportes existentes, identificar las fuentes de información asociadas y adecuar los procesos de generación de datos para producir archivos compatibles con los esquemas JSON establecidos para el piloto. Este proceso implicó actividades de análisis funcional, mapeo de datos, construcción de transformaciones y validación de la información generada.

Los resultados evidenciaron diferencias entre operadores en cuanto al esfuerzo requerido para esta transformación. Dichas diferencias estuvieron asociadas principalmente al nivel de automatización existente, la disponibilidad de fuentes de información estructuradas, la complejidad de los procesos internos de consolidación de datos y el grado de madurez tecnológica de cada operador.

En el caso del formato T1.5, el proceso presentó un reto adicional debido a que la información originalmente se encontraba distribuida en múltiples hojas de cálculo relacionadas entre sí. Como parte del piloto, fue necesario consolidar esta información en una estructura jerárquica JSON que preservara las relaciones entre los diferentes conjuntos de datos y facilitara su validación automática.

La experiencia obtenida durante el piloto permitió concluir que la transformación al formato JSON constituye el componente que demanda el mayor esfuerzo inicial para la adopción del modelo. Sin embargo, una vez implementadas las transformaciones requeridas, los operadores pueden beneficiarse de procesos más estandarizados, automatizados y reutilizables para futuros intercambios de información.

6.2.2 Implementación de los Mecanismos de Intercambio

Durante la ejecución del piloto se evaluó la implementación de los mecanismos de intercambio de información definidos en el modelo de interoperabilidad, con el propósito de determinar su viabilidad técnica, el esfuerzo requerido para su adopción y su capacidad para integrarse con la infraestructura tecnológica existente de los operadores.

Los resultados obtenidos evidenciaron que tanto el mecanismo basado en **API Segura** como el mecanismo basado en **SFTP** pudieron ser implementados satisfactoriamente por los operadores participantes, permitiendo el intercambio automatizado de información con la plataforma dispuesta por la CRC. La adopción de uno u otro mecanismo dependió principalmente de las capacidades tecnológicas, la infraestructura disponible y la experiencia previa de cada operador en procesos de integración de sistemas.

La información reportada por los operadores mostró que, en su mayoría, no se presentó una disminución en el esfuerzo asociado a la transformación de los reportes al formato JSON, debido a los procesos internos de autorización y de procesamiento de la información. En contraste, el esfuerzo requerido para implementar los mecanismos de intercambio fue, en general, menor, ya que en la mayoría de los casos los operadores pudieron reutilizar servicios, plataformas y herramientas existentes, sin necesidad de desarrollar componentes completamente nuevos.

En el caso del mecanismo **API Segura**, las actividades de implementación estuvieron relacionadas con el desarrollo o adecuación de servicios para la obtención de credenciales de carga, la transferencia de archivos y la recepción de notificaciones automáticas mediante servicios web. Este mecanismo ofreció mayores posibilidades de automatización e integración con los procesos internos de generación de reportes.

Por su parte, el mecanismo **SFTP** presentó una implementación relativamente sencilla para aquellos operadores que ya contaban con infraestructura de transferencia segura de archivos. La adopción de este mecanismo permitió aprovechar procedimientos y herramientas previamente utilizadas para el intercambio de información con terceros, reduciendo el esfuerzo de configuración y puesta en funcionamiento.

Los resultados del piloto demostraron que ambos mecanismos son técnicamente viables y pueden operar sobre una misma plataforma de interoperabilidad, compartiendo los procesos de validación, trazabilidad, procesamiento y retroalimentación implementados por la CRC. Esta característica proporciona flexibilidad para que cada operador adopte el mecanismo más adecuado según sus capacidades tecnológicas, sin afectar la consistencia ni la estandarización del modelo.

Asimismo, la experiencia obtenida durante el piloto evidenció que la coexistencia de múltiples mecanismos de intercambio constituye una ventaja para facilitar la adopción gradual del modelo de interoperabilidad, reduciendo barreras de entrada y permitiendo que organizaciones con diferentes niveles de madurez tecnológica puedan integrarse de manera efectiva al esquema propuesto.

6.2.3 Infraestructura Requerida

La información recopilada durante el piloto permitió evaluar los requerimientos de infraestructura asociados a la adopción del modelo de interoperabilidad por parte de los operadores participantes. Los resultados evidenciaron que la implementación de los mecanismos de intercambio de información no demandó inversiones significativas en infraestructura tecnológica, debido a que la mayoría de los

operadores contaban previamente con plataformas, herramientas y servicios que podían ser reutilizados para soportar las integraciones requeridas.

En particular, los operadores reportaron que tanto los mecanismos basados en API como aquellos soportados en SFTP pudieron implementarse aprovechando componentes tecnológicos existentes dentro de sus organizaciones, reduciendo la necesidad de adquirir nuevos servidores, soluciones especializadas o capacidades adicionales de procesamiento.

Los resultados también mostraron que las diferencias observadas entre operadores estuvieron más asociadas a los niveles de madurez tecnológica, automatización y disponibilidad de recursos de desarrollo que a limitaciones de infraestructura. En consecuencia, el principal esfuerzo de adopción se concentró en la adecuación de los procesos de generación y transformación de datos, más que en la incorporación de nuevos recursos tecnológicos.

Asimismo, la experiencia obtenida durante el piloto evidenció que el modelo de interoperabilidad puede adaptarse a entornos tecnológicos heterogéneos, permitiendo que cada operador utilice la infraestructura disponible de acuerdo con sus capacidades y arquitectura empresarial. Esta característica contribuye a reducir barreras de entrada y facilita una eventual adopción gradual del modelo por parte de un número mayor de participantes.

6.2.4 Impacto Operativo y Automatización

La ejecución del piloto permitió identificar beneficios operativos derivados de la adopción del modelo de interoperabilidad y de los mecanismos implementados para el intercambio automatizado de información. Los resultados reportados por los operadores evidenciaron que la automatización de los procesos de generación, envío, validación y seguimiento de los reportes regulatorios tiene el potencial de reducir significativamente las actividades manuales asociadas al cumplimiento de las obligaciones de reporte.

Uno de los principales beneficios observados fue la disminución de tareas operativas relacionadas con la preparación, consolidación, validación y entrega de la información, las cuales tradicionalmente requieren intervención manual y generan riesgos de error. La implementación de mecanismos automatizados permitió estandarizar estos procesos, favoreciendo una gestión más eficiente y consistente de los reportes.

Los operadores también identificaron beneficios asociados a la reducción de tiempos operativos una vez implementadas las integraciones requeridas. Aunque la fase inicial de adopción implica esfuerzos de adecuación y transformación de la información, la automatización obtenida permite que dichos esfuerzos

se compensen mediante una operación más ágil y con menor intervención humana en los ciclos posteriores de reporte.

Adicionalmente, la solución incorporó capacidades de validación automática que permiten detectar inconsistencias y errores desde las etapas iniciales del proceso, reduciendo reprocesos y facilitando la corrección oportuna de la información. De igual forma, los mecanismos de trazabilidad implementados proporcionan visibilidad sobre el estado de cada reporte durante todo su ciclo de procesamiento, mejorando el seguimiento y control operativo tanto para los operadores como para la CRC.

Los resultados obtenidos durante el piloto también evidenciaron beneficios derivados de la estandarización de los mecanismos de intercambio y de los formatos de información. Esta estandarización facilita la reutilización de desarrollos y componentes tecnológicos, simplifica futuras integraciones y contribuye a reducir los costos operativos asociados al intercambio de información regulatoria.

En conjunto, los resultados muestran que el principal impacto del modelo de interoperabilidad se concentra en la automatización de procesos que actualmente requieren una alta participación manual, generando mejoras en eficiencia operativa, trazabilidad, calidad de la información y capacidad de escalamiento para futuras implementaciones.

6.3 Hallazgos Relevantes del Piloto

Los hallazgos obtenidos permiten concluir que el modelo de interoperabilidad evaluado es técnicamente viable, adaptable a diferentes contextos tecnológicos y capaz de proporcionar beneficios asociados a la automatización, estandarización y trazabilidad de los procesos de reporte de información regulatoria.

Principales hallazgos identificados:

- El mayor esfuerzo de adopción se concentra en la transformación de la información al formato JSON.
- Los mecanismos API y SFTP pueden coexistir dentro de una misma plataforma de interoperabilidad.
- La infraestructura existente de los operadores resultó suficiente para implementar los mecanismos evaluados.
- Las diferencias observadas entre operadores estuvieron asociadas principalmente a su nivel de madurez tecnológica y automatización previa.
- La automatización genera beneficios operativos recurrentes una vez superada la fase inicial de implementación.

- La separación entre esquemas de validación y lógica de procesamiento facilita la evolución futura de la solución.
- La adopción institucional del modelo requerirá una estrategia gradual de transición y acompañamiento a los participantes.

7. CONCLUSIONES Y APRENDIZAJES

7.1 Conclusiones

La ejecución del Piloto de Automatización del Proceso de Reporte de Información Periódica permitió validar la viabilidad técnica y operativa del modelo de interoperabilidad propuesto para el intercambio automatizado de información entre los operadores y la CRC. Los resultados obtenidos evidenciaron que es posible implementar un esquema de recepción, validación y procesamiento de información basado en estándares abiertos, mecanismos de integración flexibles y procesos automatizados que favorecen la eficiencia, la trazabilidad y la calidad de los datos reportados.

El piloto demostró que la adopción del modelo no depende de una única alternativa tecnológica, sino que puede adaptarse a diferentes contextos organizacionales mediante la utilización de mecanismos de intercambio como API Segura y SFTP. Esta flexibilidad permitió que los operadores participantes implementaran el mecanismo más adecuado según sus capacidades tecnológicas, manteniendo un proceso común de validación, trazabilidad, procesamiento y notificación.

Los resultados obtenidos evidenciaron que el principal esfuerzo requerido para la adopción del modelo se concentra en la transformación y preparación de la información para ajustarse al formato de intercambio definido, particularmente en la generación de estructuras JSON a partir de fuentes de datos existentes. En contraste, la implementación de los mecanismos de intercambio presentó niveles de complejidad relativamente bajos y pudo realizarse aprovechando infraestructura y servicios previamente disponibles en la mayoría de los operadores.

Asimismo, el piloto permitió confirmar que la automatización de los procesos de intercambio de información genera beneficios operativos relevantes. La reducción de actividades manuales, la aplicación de validaciones automáticas, la estandarización de formatos y la disponibilidad de mecanismos de trazabilidad contribuyen a mejorar la calidad de los datos reportados y a optimizar los procesos asociados al cumplimiento de obligaciones de reporte.

Desde el punto de vista tecnológico, la arquitectura implementada demostró capacidades adecuadas para soportar procesos de recepción, validación, procesamiento, seguimiento y retroalimentación de manera escalable y desacoplada. La separación entre los componentes de procesamiento y los esquemas de validación mostró ventajas significativas en términos de mantenibilidad, evolución de los formatos regulatorios y facilidad para incorporar nuevas reglas de negocio sin afectar la operación de la plataforma.

La ejecución del piloto también permitió identificar la importancia de complementar la implementación tecnológica con estrategias de acompañamiento y soporte a los participantes. La retroalimentación obtenida durante las pruebas evidenció que el intercambio permanente entre la CRC y los operadores facilitó la identificación de oportunidades de mejora, la resolución de incidentes y el fortalecimiento progresivo de la solución.

Como principal aprendizaje, el piloto demostró que la adopción de un modelo de interoperabilidad para el reporte de información regulatoria es una alternativa viable para avanzar hacia esquemas más automatizados, trazables y eficientes de intercambio de información. Igualmente, evidenció que una implementación institucional exitosa deberá considerar mecanismos de transición gradual, estrategias de acompañamiento a los operadores y una adecuada gestión de la evolución de los formatos y procesos asociados al reporte de información.

Reutilización del modelo en nuevos procesos regulatorios. Como resultado adicional del piloto, la infraestructura y los componentes tecnológicos implementados están siendo tomados como base para la construcción de la solución asociada al reporte de información del sistema de facturación, lo que evidencia la posibilidad de reutilizar y extender el modelo de interoperabilidad hacia otros procesos regulatorios. En este caso, se conservará la infraestructura y el flujo general de recepción, validación, procesamiento y trazabilidad definidos en el piloto, adaptando el formato de intercambio a las características particulares de la información. Debido a los altos volúmenes de datos previstos para estos reportes, se ha definido el uso de archivos CSV en lugar de JSON, evidenciando la conveniencia de mantener un modelo de interoperabilidad flexible, en el que el formato de intercambio pueda seleccionarse de acuerdo con las características y volumen de la información, sin modificar las capacidades centrales de la solución.

Reutilización del modelo en nuevos procesos regulatorios. Como resultado adicional del piloto, la infraestructura y los componentes tecnológicos implementados están siendo tomados como base para la construcción de la solución asociada al reporte de información del sistema de facturación, lo que evidencia la posibilidad de reutilizar y extender el modelo de interoperabilidad hacia otros procesos regulatorios. En este caso, se conservará la infraestructura y el flujo general de recepción, validación,

procesamiento y trazabilidad definidos en el piloto, adaptando el formato de intercambio a las características particulares de la información. Debido a los altos volúmenes de datos previstos para estos reportes, se ha definido el uso de archivos CSV en lugar de JSON, evidenciando la conveniencia de mantener un modelo de interoperabilidad flexible, en el que el formato de intercambio pueda seleccionarse de acuerdo con las características y volumen de la información, sin modificar las capacidades centrales de la solución.

En conjunto, los resultados obtenidos proporcionan evidencia suficiente para concluir que el modelo evaluado constituye una base sólida para futuras etapas de evolución e implementación, ofreciendo capacidades que favorecen la automatización, la estandarización de los intercambios de información y la mejora continua de los procesos de reporte regulatorio.

7.2 Beneficios Identificados

La ejecución del piloto permitió identificar beneficios tanto para la CRC como para los operadores participantes, derivados de la adopción de un modelo de interoperabilidad basado en la automatización, la estandarización de los formatos de intercambio y la implementación de mecanismos que facilitan el procesamiento y seguimiento de la información reportada.

Los beneficios observados durante el piloto evidencian que el modelo de interoperabilidad contribuye a mejorar la eficiencia operativa, la calidad de la información, la trazabilidad de los procesos y la capacidad de automatización de las actividades asociadas al reporte regulatorio.

7.2.1 Beneficios para la CRC

- Automatización de validaciones estructurales y de negocio.
- Mejora en la calidad y consistencia de la información recibida.
- Mayor trazabilidad y control sobre los procesos de reporte.
- Reducción de actividades manuales de revisión y seguimiento.
- Posibilidad de escalar el modelo a nuevos formatos regulatorios.
- Estandarización de los mecanismos de intercambio de información.

7.2.2 Beneficios para los Operadores

- Reducción de actividades manuales de reporte.
- Automatización del envío y seguimiento de la información.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

- Retroalimentación más rápida sobre errores o inconsistencias.
- Reutilización de infraestructura y desarrollos existentes.
- Mayor confiabilidad y trazabilidad de los procesos de reporte.
- Disminución de tiempos operativos una vez implementadas las integraciones.
- Estandarización de la generación y transmisión de información regulatoria.

8. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

Término / Acrónimo	Definición
API (Application Programming Interface)	Interfaz que permite que dos sistemas informáticos se comuniquen e intercambien información de manera automatizada. En el piloto se utiliza como uno de los mecanismos para que los operadores interactúen con la plataforma de la CRC.
API REST	Tipo de API ampliamente utilizado para la comunicación entre sistemas a través de Internet mediante solicitudes HTTP/HTTPS.
Application Insights	Servicio de Microsoft Azure utilizado para supervisar el funcionamiento de las aplicaciones, registrar tiempos de ejecución, solicitudes, errores y excepciones, y facilitar el diagnóstico de problemas.
Azure	Plataforma de servicios en la nube de Microsoft sobre la cual se implementaron los componentes tecnológicos utilizados durante el piloto.
Azure Blob Storage	Servicio de almacenamiento de archivos de Microsoft Azure. En el piloto funciona como repositorio central para recibir los archivos enviados por los operadores y almacenar los resultados de su procesamiento.
Azure Event Grid	Servicio de Azure que permite detectar eventos y activar automáticamente otros procesos. En el piloto permite identificar la llegada de nuevos archivos e iniciar su procesamiento.
Azure Functions	Servicio de Azure que permite ejecutar funciones de software bajo demanda. En el piloto se utiliza para realizar tareas como validación, procesamiento y notificación de los resultados de los reportes.
Azure Metrics	Capacidad de Azure para recopilar indicadores cuantitativos sobre el funcionamiento de los servicios, como tiempos de respuesta, número de mensajes, uso de recursos y tasas de procesamiento.
Azure Monitor	Servicio de Azure utilizado para centralizar el monitoreo del funcionamiento y estado de los diferentes componentes de la plataforma.
Azure Service Bus	Servicio de mensajería de Azure que permite organizar y gestionar los mensajes que deben ser procesados por la plataforma, contribuyendo a que los archivos puedan procesarse de manera controlada y resiliente.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

Término / Acrónimo	Definición
BlobCreated / evento de creación de archivo	Evento generado cuando se detecta la creación de un nuevo archivo en el almacenamiento. Permite iniciar automáticamente el flujo de procesamiento correspondiente.
Cloud / Nube	Modelo mediante el cual recursos tecnológicos como almacenamiento, procesamiento y servicios de software son utilizados a través de infraestructura disponible en Internet, sin necesidad de mantener toda la infraestructura físicamente en las instalaciones de la organización.
CPU (Central Processing Unit)	Recurso de procesamiento utilizado por los sistemas informáticos. Su nivel de utilización puede ser monitoreado para evaluar el desempeño y dimensionamiento de la plataforma.
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones.
Dashboard / Tablero de control	Representación visual que consolida indicadores y métricas para facilitar el seguimiento del funcionamiento y desempeño de una plataforma.
Dead Letter Queue (DLQ)	Cola especial donde se almacenan temporalmente los mensajes que no pudieron procesarse correctamente, permitiendo su posterior análisis y eventual reprocesamiento controlado.
DIVIPOLA	División Político-Administrativa de Colombia. Catálogo oficial utilizado para identificar departamentos, municipios y otras divisiones territoriales. En el piloto se utiliza como referencia para algunas validaciones de información.
Endpoint	Dirección o punto de acceso mediante el cual un sistema puede enviar o recibir información de otro sistema.
Firma digital	Mecanismo utilizado para verificar la autenticidad e integridad de una información o mensaje, permitiendo comprobar su origen y detectar posibles alteraciones.
HTTP (Hypertext Transfer Protocol)	Protocolo utilizado para el intercambio de información entre sistemas a través de redes.
HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure)	Versión segura de HTTP que protege mediante cifrado la información intercambiada entre sistemas durante su transmisión.
HTTP PUT	Operación HTTP utilizada para enviar o cargar información hacia una ubicación determinada. En el mecanismo API del piloto puede utilizarse para cargar el archivo autorizado mediante la SAS URL.
Identificador de correlación	Código único asignado a una operación o archivo que permite realizar seguimiento a su recorrido por los diferentes componentes y etapas del procesamiento.
JSON (JavaScript Object Notation)	Formato estructurado y estandarizado para representar e intercambiar información entre sistemas. Fue el formato principal utilizado durante el piloto para los reportes evaluados.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

Término / Acrónimo	Definición
JSON Schema	Especificación que define la estructura y las reglas que debe cumplir un archivo JSON, incluyendo campos requeridos, tipos de datos y otras condiciones de validación.
Latencia	Tiempo que tarda una operación o comunicación en ejecutarse o producir una respuesta. Se utiliza como indicador para evaluar el desempeño de una plataforma.
Llave SSH	Credencial criptográfica utilizada para autenticar de manera segura el acceso entre sistemas sin necesidad de utilizar una contraseña convencional. En el piloto se utiliza para el acceso mediante SFTP.
Máquina de estados	Mecanismo que permite representar y controlar las diferentes etapas por las que pasa un archivo durante su procesamiento, desde su recepción hasta la generación y notificación del resultado.
Metadatos	Información que describe o identifica un archivo o transacción, por ejemplo, operador, formato, versión, periodo o identificador de procesamiento.
Observabilidad	Capacidad de conocer y analizar el comportamiento interno de una plataforma mediante registros, métricas, trazas y otros indicadores que facilitan la detección y diagnóstico de problemas.
Radicado	Identificador generado por la plataforma como comprobante de la recepción y aceptación de un reporte, de acuerdo con las condiciones definidas en el piloto.
SAS (Shared Access Signature)	Mecanismo de Azure que permite conceder acceso temporal y restringido a un recurso de almacenamiento, sin entregar al usuario credenciales permanentes sobre dicho recurso.
SAS Token	Credencial temporal generada mediante SAS que define los permisos otorgados, el recurso autorizado y el periodo durante el cual puede utilizarse.
SAS URL	Enlace que incorpora la autorización temporal proporcionada mediante un SAS Token. En el piloto permite al operador cargar un archivo autorizado directamente en el almacenamiento definido por la CRC.
Serverless	Modelo de ejecución en la nube en el que la plataforma utiliza recursos de procesamiento bajo demanda, sin requerir la administración directa de servidores dedicados para cada componente.
Servicio web	Funcionalidad disponible a través de una red que permite que diferentes sistemas intercambien información o ejecuten operaciones de forma automatizada.
SFTP (SSH File Transfer Protocol)	Protocolo seguro para la transferencia de archivos entre sistemas. En el piloto constituye uno de los mecanismos mediante los cuales los operadores pueden entregar sus reportes a la CRC.
SSH (Secure Shell)	Protocolo de comunicación segura utilizado para establecer conexiones autenticadas y cifradas entre sistemas. SFTP utiliza este mecanismo para proteger la transferencia de archivos.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES
REPÚBLICA DE COLOMBIA

Término / Acrónimo	Definición
Trazabilidad	Capacidad de realizar seguimiento al recorrido y estado de un archivo durante todo su ciclo de procesamiento, conservando información sobre las etapas y resultados obtenidos.
Webhook	Mecanismo mediante el cual un sistema envía automáticamente una notificación a otro sistema cuando ocurre un evento. En el piloto puede utilizarse para informar al operador el resultado del procesamiento de un reporte.
Archivo de estado	Archivo generado por la plataforma con el resultado del procesamiento de un reporte. Permite al operador conocer si fue aceptado o rechazado y consultar la información asociada al resultado.
Arquitectura desacoplada	Diseño en el que los diferentes componentes de una solución funcionan con responsabilidades independientes, permitiendo modificar o evolucionar una parte sin afectar necesariamente las demás.
Arquitectura orientada a eventos	Modelo en el que determinadas acciones del sistema se ejecutan automáticamente cuando ocurre un evento, como la llegada de un nuevo archivo.
Cola de mensajes	Mecanismo que almacena temporalmente solicitudes o eventos pendientes de procesamiento y permite atenderlos de forma ordenada y controlada.
Escalabilidad	Capacidad de una plataforma para aumentar o disminuir sus recursos de acuerdo con la cantidad de información o transacciones que debe procesar.
Interoperabilidad	Capacidad de diferentes sistemas u organizaciones para intercambiar información de forma estandarizada y utilizarla dentro de sus respectivos procesos.
Resiliencia	Capacidad de una solución tecnológica para continuar operando o recuperarse adecuadamente ante fallas temporales o situaciones inesperadas.
Validación estructural	Verificación automática de que la información recibida cumple con la estructura, campos obligatorios, tipos de datos y demás condiciones definidas para el formato.
Validación de negocio	Verificación de reglas asociadas al significado y consistencia de la información reportada, más allá de su estructura técnica.
Versionamiento	Mecanismo para identificar y administrar diferentes versiones de un formato, esquema o componente, permitiendo controlar su evolución en el tiempo.

Tabla 5. Glosario