INGESARA GROUP SAS

Interventoría técnica, administrativa, financiera y ambiental

CONCEPTO TÉCNICO INTEGRADO DE INTERVENTORÍA

Componente Hidrológico y Climatológico

Fusión del concepto del especialista con la auditoría técnica de la interventoría

Con énfasis en recomendaciones y subsanaciones

Contrato de Consultoría N.° 0124 de 2024

«Estudio para la definición de los límites funcionales de las rondas hídricas de la subzona hidrográfica del río Ranchería, departamento de La Guajira». BPIN 20243218000005.

Campo	Detalle
Entidad contratante	Corporación Autónoma Regional de La Guajira – CORPOGUAJIRA
Consultor / Contratista	Consorcio Ronda Ranchería (NIT 901.898.193-5)
Interventoría	INGESARA GROUP SAS – Contrato de Interventoría CI 0125-2024
Documento del especialista	«Concepto — Componente Hidrológico y Climatológico», Ing. Especialistas
Insumos de la auditoría	Estudio Hidrológico V3; series de precipitación; 22 libros de curvas IDF; modelo HEC-HMS v4.12; capas SIG de soporte (drenaje, cuenca de calibración, redes de estaciones) y manchas de inundación TR15/TR100
Objeto	Integrar el concepto del especialista con la verificación directa de la interventoría y consolidar las recomendaciones y subsanaciones exigibles al consultor
Versión	Concepto integrado — Revisión 01
Fecha de emisión	Junio-julio de 2026

Tabla de contenido

Tabla de contenido 2
1. Objeto y alcance del concepto integrado 3
2. Síntesis del concepto técnico del especialista 3
2.1. Marco, información base y metodología 3
2.2. Climatología, IDF y morfometría 3
2.3. Modelación HEC-HMS y resultados 4
2.4. Conclusiones y recomendaciones del especialista 4
3. Síntesis de la verificación técnica de la interventoría 4
4. Convergencias y complementos entre ambas revisiones 5
5. Recomendaciones y subsanaciones 6
5.A. Georreferenciación, cartografía y capas SIG (base espacial del estudio) 6
5.B. Series hidroclimatológicas y consistencia de datos 8
5.C. Análisis de frecuencias y curvas IDF 9
5.D. Calibración, validación y modelo HEC-HMS 10
5.E. Modelación hidráulica y definición de la mancha (fase siguiente) 11
5.F. Monitoreo, gestión ambiental y ordenamiento territorial 12
6. Concepto integrado final 13

1. Objeto y alcance del concepto integrado

El presente documento integra, en una sola pieza técnica, dos revisiones complementarias del Componente Hidrológico y Climatológico entregado por el Consorcio Ronda Ranchería en el marco del Contrato de Consultoría N.° 0124 de 2024: por una parte, el concepto técnico de los especialistas de la interventoría, que evalúan la coherencia metodológica y conceptual del estudio a la luz de la ingeniería hidrológica y de la normatividad ambiental colombiana; y por otra, la auditoría técnica de la interventoría, que verificó de manera directa los archivos, datos, hojas de cálculo, capas SIG y el propio proyecto de modelación HEC-HMS entregados como soporte.

Ambas revisiones convergen en el diagnóstico de fondo —el estudio es metodológicamente sólido y sus caudales de diseño son técnicamente confiables— y se complementan en su alcance: el concepto del especialista aporta la lectura conceptual, morfológica y de gestión territorial, mientras que la auditoría aporta la verificación de datos, la trazabilidad de los insumos y el control de calidad de la cartografía y del modelo. Este documento fusiona ambas y concentra su valor en un cuerpo único, exhaustivo y priorizado de recomendaciones y subsanaciones (numeral 5), redactado para que el consultor pueda atenderlas de manera inequívoca.

Naturaleza del concepto: las observaciones aquí consignadas no desvirtúan la validez técnica del estudio; son condiciones de completitud, trazabilidad y calidad exigibles para el recibo definitivo y para el paso a la fase de modelación hidráulica y delimitación de la ronda hídrica (Decreto 501 de 2018 y guía metodológica del MADS).

2. Síntesis del concepto técnico del especialista

El concepto del especialista analiza el estudio bajo un esquema metodológico tradicional de la hidrología de ingeniería y valida su estructura general. Sus puntos centrales se sintetizan a continuación.

2.1. Marco, información base y metodología

El río Ranchería, principal arteria fluvial de La Guajira, nace en la Sierra Nevada de Santa Marta y desemboca en el mar Caribe a la altura de Riohacha; la delimitación de su ronda hídrica es una prioridad legal amparada en el Decreto 501 de 2018 y la guía del MADS. El estudio parte de un Modelo Digital de Terreno de 12,5 × 12,5 m para el trazado de la red de drenaje y la subdivisión de subcuencas, y de la información hidroclimatológica del IDEAM. El especialista destaca que la base cruda analizada consta de 33 estaciones (12 limnigráficas y 21 limnimétricas), sometidas a una secuencia de selección de periodo (series superiores a 30 años para absorber el efecto ENSO), complementación de faltantes por correlación lineal y razón normalizada, análisis de consistencia por dobles masas y pruebas de homogeneidad y datos atípicos.

2.2. Climatología, IDF y morfometría

El régimen es bimodal (temporadas lluviosas mayo–junio y septiembre–noviembre), influido por la ZCIT y las barreras orográficas, con evaporación potencial muy alta en la cuenca baja semiárida. El especialista consigna que las curvas IDF se construyeron evaluando las distribuciones de Gumbel, Log-Pearson Tipo III e Inversa Gaussiana, seleccionando por subcuenca la de menor error mediante la prueba de ajuste del modelo de Chi-cuadrado. En lo morfométrico, la mayoría de las subcuencas de la cuenca media y baja

resultan alargadas (coeficientes de compacidad > 1,25 y coeficientes de forma 0,21–0,58), lo que atenúa los picos de creciente. Los tiempos de concentración varían ampliamente, desde arroyos de respuesta rápida (Guasimito, Tc = 0,90 h; Hondo, Tc = 1,26 h) hasta grandes colectores y tramos llanos de respuesta lenta (La Quebrada, Tc = 24,17 h; Quebrada de Moreno, Tc = 29,86 h).

2.3. Modelación HEC-HMS y resultados

La modelación lluvia-escorrentía se realizó en HEC-HMS 4.12 acoplando método de pérdidas, transformación por hidrograma unitario sintético y tránsito en cauces. El especialista subraya como aspecto crítico y correctamente incorporado el Embalse El Cercado, con sus curvas cota-área-volumen y reglas de operación, cuyo efecto de laminación reduce los picos aguas abajo, si bien esa regulación se disipa progresivamente por el aporte incremental de afluentes (Cerrejón, Palomino y arroyos marginales). Los caudales máximos se obtuvieron para los periodos de retorno de 2, 3, 5, 15, 25, 50 y 100 años. El análisis de campo identifica dos secciones de control críticas en la baja cuenca: la Sección 6 (encajonamiento moderado con bancas de ~2,5 m y desbordamiento lateral franco a partir de TR 25) y la Sección 7 (plano deltaico y estuarino, de dinámica mixta fluvial-marina controlada por una barra arenosa que actúa como presa natural intermitente).

2.4. Conclusiones y recomendaciones del especialista

El especialista concluye que el estudio es sólido en sus caudales de diseño, que la morfología alargada de las subcuencas atenúa las crecientes, que el plano deltaico (Secciones 6 y 7) es el punto de mayor vulnerabilidad y que el embalse El Cercado ejerce laminación decreciente hacia la cuenca media. Emite cinco recomendaciones estratégicas —vinculación a modelación hidráulica 2D, monitoreo batimétrico de la barra de desembocadura, estrategias de manejo ambiental y alertas tempranas, actualización de las IDF frente al cambio climático e incorporación de la ronda en los instrumentos de ordenamiento territorial— y da aprobación condicionada a que el consultor incorpore esas cinco recomendaciones. Estas se recogen íntegramente en el numeral 5 del presente concepto (grupos E y F), articuladas con las subsanaciones de la auditoría.

3. Síntesis de la verificación técnica de la interventoría

La auditoría procesó directamente los archivos entregados para comprobar, con cifras propias, la trazabilidad y la calidad de los insumos. Sus resultados confirman la solidez metodológica pero identifican observaciones de datos, cartografía y calibración no cubiertas por la revisión conceptual.

- **Modelo HEC-HMS verificado:** 38 subcuencas, 25 uniones, 24 tramos con tránsito Muskingum y 1 embalse; área total ≈ 4.255 km², coherente con la subzona hidrográfica. Se confirmó que el embalse El Cercado está efectivamente ruteado.
- **Calibración:** realizada en la estación Cuestecita con un error de validación del 1,01 % (Q100 observado 297,99 vs. modelado 296,40 m³/s; sin calibrar 566,92), pero apoyada en un único punto y un único periodo de retorno.
- **Capas SIG de soporte:** la cuenca de calibración de Cuestecita mide 2.537,34 km² (campo de área igual a la geometría) y la red de drenaje reproduce los 24 tramos del modelo (224,2 km); pero las

cuatro capas presentan sistemas de referencia mixtos (EPSG:9377 y EPSG:3116) sin archivo .prj, y componentes de shapefile faltantes.

- **Curvas IDF (22 estaciones):** internamente consistentes (0,00 % de error frente a su ecuación y sin errores de fórmula), pero con parámetros regionales fijados sin sustento (b = 10, n = 0,5, factor 24h→1h = 0,4518), inconsistencia de periodo (serie cruda 1974–2017 frente a N = 35 y al texto 1989–2023) y solo 6 de 22 libros con serie cruda embebida.
- **Series de precipitación:** el test de homogeneidad de Mann-Kendall devuelve #REF! en las hojas entregadas; se detectan etiquetas internas erróneas por copiado y una inconsistencia diario↔mensual por debajo del 80 % en varias estaciones.

4. Convergencias y complementos entre ambas revisiones

La lectura conjunta muestra un diagnóstico coherente y refuerza mutuamente los hallazgos. La siguiente tabla resume dónde coinciden y dónde se complementan.

Tema	Concepto del especialista	Auditoría técnica (complemento)
Red de estaciones	33 estaciones IDEAM (12 LG + 21 LM)	Capa verificada: 33 registros, 12 limnigráficas + 21 limnimétricas (coincidencia exacta)
Embalse El Cercado	Incorporado con cota-área-volumen y reglas de operación	Confirmado como ruteado en el modelo (resuelve técnicamente E-03)
Morfología de subcuencas	Cuencas alargadas que atenúan los picos	Coherente con los 24 tramos Muskingum y los Tc reportados (0,90–29,86 h)
Periodos de retorno	Qmax para TR 2, 3, 5, 15, 25, 50 y 100 años	Las IDF solo tabulan 5, 10, 25, 50 y 100 → falta la TR15 que sustenta una mancha
Distribuciones IDF	Selección por Chi-cuadrado (Gumbel, Log-Pearson III, Inversa Gaussiana)	Los libros IDF implementan una ecuación de 2 parámetros ajustables (a, c); debe reconciliarse
Base espacial / SIG	MDT 12,5 m y trazado SIG de la red	CRS mixtos sin .prj y componentes de shapefile faltantes (no cubierto por el concepto)

5. Recomendaciones y subsanaciones

Se consolidan a continuación, de forma exhaustiva y priorizada, las recomendaciones y los temas a corregir o subsanar. Se organizan en seis grupos temáticos; cada ítem describe la observación, su implicación técnica o legal, la acción concreta de subsanación exigida al consultor, la prioridad y el origen (especialista, auditoría o ambas). La escala de prioridad es:

- **Determinante:** condición para el recibo definitivo del componente; su no atención impide dar por cerrado el entregable.
- **Alta:** afecta la trazabilidad o la robustez del resultado; debe atenderse antes de la fase hidráulica.
- **Media:** mejora la calidad, la documentación o la sostenibilidad del producto.

Tabla 5.1 — Matriz resumen de subsanaciones y recomendaciones.

Ref.	Tema	Grupo	Prioridad	Origen
A1	Unificar CRS a EPSG:9377 y entregar .prj	A. SIG	**Determinante**	Auditoría
A2	Completar componentes de shapefile	A. SIG	**Determinante**	Auditoría
A3	Generalizar y dar atributos a las manchas	A. SIG	**Alta**	Auditoría
A4	Metadato ISO/NTC y diccionario de datos	A. SIG	Media	Auditoría
B1	Aclarar periodo de registro y N	B. Datos	**Determinante**	Auditoría
B2	Reparar homogeneidad (Mann-Kendall #REF!)	B. Datos	**Alta**	Auditoría
B3	Crosswalk único y códigos de estación	B. Datos	**Alta**	Auditoría
B4	Memoria de completación diaria	B. Datos	**Alta**	Auditoría
B5	Reconciliar inconsistencia diario↔mensual	B. Datos	**Determinante**	Auditoría
C1	Sustentar parámetros regionales IDF	C. IDF	**Alta**	Ambas
C2	Serie cruda de las 16 IDF y la evaluación del ajuste del modelo	C. IDF	**Alta**	Ambas
C3	Tabular TR2, TR3 y TR15 e hietogramas	C. IDF	**Determinante**	Ambas
C4	Completar anexos de frecuencias e IDF	C. IDF	Media	Auditoría
D1	Calibración multi-punto y multi-evento	D. Modelo	**Alta**	Auditoría
D2	Documentar efecto del embalse en la serie	D. Modelo	Media	Auditoría
D3	Sustentar la reducción del CN	D. Modelo	**Alta**	Auditoría
D4	Tabla de caudales pico por nodo y TR	D. Modelo	**Alta**	Auditoría
E1	Vincular a modelación hidráulica 2D	E. Hidráulica	**Determinante**	Especialista
E2	Modelar secciones de control 6 y 7	E. Hidráulica	**Alta**	Especialista
E3	Geolocalizar y cruzar encuestas	E. Hidráulica	Media	Auditoría
F1	Monitoreo batimétrico de la barra	F. Gestión	**Alta**	Especialista
F2	PMA y alertas tempranas	F. Gestión	Media	Especialista
F3	Actualización de IDF (cambio climático)	F. Gestión	Media	Especialista
F4	Incorporación de la ronda en POT/PBOT/EOT	F. Gestión	**Alta**	Especialista

5.A. Georreferenciación, cartografía y capas SIG (base espacial del estudio)

A1. Unificar el sistema de referencia a EPSG:9377 y entregar el archivo .prj en todas las capas

La verificación de las cuatro capas de soporte del modelo detectó que conviven dos sistemas de coordenadas dentro de un mismo entregable: la red de drenaje (Dren_hms) y las estaciones meteorológicas están en MAGNA-SIRGAS Origen Nacional / CTM12 (EPSG:9377), sistema oficial del proyecto y de las manchas TR15/TR100; en cambio, la cuenca de calibración de Cuestecita y la red de estaciones hidrológicas están en MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá (EPSG:3116). Ninguna de las cuatro capas trae archivo .prj, por lo que el sistema de referencia queda sin declarar en disco.

La consecuencia es concreta y de alto impacto: si las capas en EPSG:3116 se cargan asumiendo el sistema oficial (EPSG:9377), quedan desplazadas del orden de 4.026 km respecto de su posición real. Como la cuenca de Cuestecita es el soporte espacial de la calibración, la inconsistencia compromete la trazabilidad del resultado, no solo su presentación cartográfica.

Acción de subsanación: reproyectar la totalidad de las capas del componente a EPSG:9377 (MAGNA-SIRGAS Origen Nacional / CTM12), verificar su coincidencia con las estaciones cuya latitud/longitud está declarada, y entregar el archivo .prj correcto junto a cada shapefile.

Prioridad: Determinante · **Origen:** Auditoría técnica

A2. Completar los componentes obligatorios de cada shapefile

Un shapefile válido requiere como mínimo los archivos .shp (geometría), .shx (índice) y .dbf (atributos). En las capas entregadas falta un componente esencial en tres de las cuatro: Dren_hms se entregó sin .dbf, por lo que los 24 tramos carecen de identificador, de conexión aguas abajo y de los parámetros de tránsito Muskingum (K y X) en la propia capa; Est_Meteorologicas se entregó sin .dbf, con 28 puntos sin nombre ni código pese a que su metadato declara los campos del catálogo CNE-IDEAM; y Est_Hidrologicas se entregó sin .shp/.shx, es decir, con la tabla de 33 registros pero sin geometría (reconstruible por sus campos X/Y).

Adicionalmente, la red de drenaje se declara como geometría tridimensional (PolyLineZ) pero la cota Z está vacía en todos los vértices (Z = 0), lo que debe depurarse o entregarse de forma consistente como polilínea 2D.

Acción de subsanación: completar cada shapefile con sus componentes obligatorios: dotar a Dren_hms de tabla de atributos con identificador de tramo, nodo aguas abajo, longitud y parámetros Muskingum K y X coherentes con los tiempos de concentración reportados; entregar el .dbf de Est_Meteorologicas con código, nombre y categoría CNE-IDEAM; y aportar el .shp/.shx de Est_Hidrologicas.

Prioridad: Determinante · **Origen:** Auditoría técnica

A3. Generalizar y dotar de semántica hidrológica las manchas de inundación TR15 y TR100

Las capas InundBoundaryTR15 e InundBoundaryTR100 están en el CRS oficial y son geométricamente válidas, pero provienen de una conversión ráster→vector sin generalizar (del orden de 6,1 y 10,0 millones de vértices), su tabla de atributos carece de semántica hidrológica (sin campo de periodo de retorno, caudal ni profundidad; FID_1 = 0) y su metadato es únicamente el registro del geoproceso.

Un producto cartográfico destinado a soportar un límite jurídico —la ronda hídrica— debe ser manejable, autoexplicativo y trazable.

Acción de subsanación: generalizar/suavizar las manchas para reducir la densidad de vértices sin pérdida significativa de precisión, incorporar atributos de periodo de retorno, caudal y profundidad, asignar un identificador único por polígono y separar las geometrías multiparte a monoparte donde corresponda.

Prioridad: Alta · **Origen:** Auditoría técnica

A4. Entregar metadato descriptivo ISO 19115 / NTC 4611 y diccionario de datos

Ninguna de las capas cuenta con metadato descriptivo normalizado ni con un diccionario que documente el significado de sus campos; el metadato disponible se limita al log de geoproceso.

Acción de subsanación: elaborar el metadato descriptivo bajo ISO 19115 / NTC 4611 para todas las capas del componente y un diccionario de datos que defina cada campo, su unidad y su dominio.

Prioridad: Media · **Origen:** Auditoría técnica

5.B. Series hidroclimatológicas y consistencia de datos

B1. Aclarar y unificar el periodo de registro y el número de años (N) por estación

Coexisten tres cifras del mismo periodo: la narrativa del estudio indica 1989–2023 (35 años); el parámetro N de los libros IDF vale 35 (y alimenta la posición de graficación de Weibull); pero la serie cruda embebida en los libros abarca 1974–2017, con 43 valores anuales. El análisis de frecuencia corre con N = 35 sobre datos de 43 años, y ninguno coincide con el texto. Si N está mal fijado, sesga las probabilidades de excedencia y, con ellas, los parámetros ajustados a y c. La estación Caracas Hacienda, además, usa N = 29 sin justificación.

El periodo de registro es la base de toda la estimación de frecuencias; su ambigüedad se propaga a los caudales de diseño.

Acción de subsanación: definir y documentar el periodo efectivo de análisis, el N real utilizado por estación, la razón de cualquier truncamiento de años y la justificación del N = 29 de Caracas Hacienda; unificar la cifra entre el texto, las hojas de cálculo y los libros IDF.

Prioridad: Determinante · **Origen:** Auditoría técnica

B2. Reparar y documentar el análisis de homogeneidad

Las celdas de resultado del test de Mann-Kendall devuelven error #REF! (tres por libro), por lo que la homogeneidad de las series no queda evaluable en la forma entregada, pese a que el concepto la reporta como realizada.

Acción de subsanación: reparar las fórmulas del test, recalcular y reportar los resultados de homogeneidad por estación, dejando constancia de las series que resulten no homogéneas y del tratamiento aplicado.

Prioridad: Alta · **Origen:** Auditoría técnica

B3. Entregar un crosswalk único de estaciones y corregir códigos y etiquetas

Se detectaron etiquetas internas erróneas por copiado (el libro de Cuestecita rotulado internamente «Est_3»; el de La Mina Cerrejón como «Est_18», que colisiona con Mayapo) y una discrepancia en el código de la estación de calibración: el numeral 5.6 del estudio cita 15067050, mientras la mejor concordancia de datos apuntaba a 15060020. La auditoría de la capa de estaciones hidrológicas confirma que 15067050 corresponde a «CUESTECITAS-AUT», estación limnigráfica activa de caudal sobre el río

Ranchería (Albania), y que 15060020 no existe en la red de caudal —corresponde a una pluviométrica—, lo que respalda 15067050 como el código correcto para la calibración.

Adicionalmente, el conjunto de estaciones no calza del todo entre insumos: Camarones, Matitas y Remedios Los tienen IDF pero no figuraban entre las series auditadas, y La Paulina fue auditada como serie pero no tiene IDF.

Acción de subsanación: aclarar y unificar el código de la estación de calibración (15067050), corregir las etiquetas internas de los libros y entregar un crosswalk único que amarre nombre ↔ código IDEAM ↔ serie diaria ↔ curva IDF ↔ subcuenca del modelo para las estaciones involucradas.

Prioridad: Alta · **Origen:** Auditoría técnica

B4. Aportar la memoria de corrección/completación diaria y el dato bruto faltante

La serie diaria del estudio difiere del dato bruto del IDEAM entre el 6 % y el 23 % de los días por correcciones y completación, sin memoria técnica que documente el método; y tres estaciones (Carraipía, Hático y Villanueva) no cuentan con la serie diaria bruta (.data) que las respalde.

Acción de subsanación: documentar el método de corrección y completación diaria (correlación lineal / razón normalizada, estaciones patrón y coeficientes) y aportar el dato bruto de las tres estaciones sin .data.

Prioridad: Alta · **Origen:** Auditoría técnica

B5. Reconciliar la inconsistencia entre las series diaria y mensual

Dentro de un mismo libro, la matriz de valores mensuales no coincide con la suma de la serie diaria del propio libro, quedando por debajo del 80 % de coincidencia en varias estaciones. Esta inconsistencia afecta directamente a los máximos anuales que alimentan el análisis de frecuencias.

Acción de subsanación: reconciliar, estación por estación, la serie diaria con la matriz mensual, corregir la fuente de la discrepancia y dejar constancia de la serie definitiva usada para los máximos anuales.

Prioridad: Determinante · **Origen:** Auditoría técnica

5.C. Análisis de frecuencias y curvas IDF

C1. Sustentar los parámetros regionales de las IDF y reconciliarlos con el concepto

De los cuatro parámetros de la ecuación IDF adoptada ($I = a \cdot Tr^c / (t + b)^n$), solo a y c se ajustan por estación (a: 150,8–369,9; c: 0,286–0,594), mientras que b = 10, n = 0,5 y el factor de desagregación de lluvia de 24 h a 1 h (0,4518) son idénticos en las 22 estaciones. Fijar b, n y el factor de desagregación es una simplificación admisible, pero debe documentarse su base. Además, el concepto del especialista describe una selección de distribución por subcuenca (Gumbel, Log-Pearson III o Inversa Gaussiana) mediante Chi-cuadrado, lo que debe reconciliarse con la ecuación IDF de dos parámetros efectivamente implementada en los libros.

La coherencia entre lo que se declara metodológicamente y lo que contienen los archivos es esencial para la defendibilidad del estudio.

Acción de subsanación: documentar la base de los parámetros regionales (b, n y factor 24h→1h: literatura, ajuste regional o adopción), y explicar la cadena metodológica completa desde la distribución de frecuencias seleccionada por estación hasta la ecuación IDF final.

Prioridad: Alta · **Origen:** Especialista y auditoría

C2. Aportar la serie cruda de las 16 IDF sin datos y la prueba de ajuste del modelo por estación

Solo 6 de los 22 libros IDF (Camarones, Cuestecita, Lagunitas, Matitas, Remedios Los y Sabanas de Manuela) incluyen la serie de datos en su hoja de soporte; en los 16 restantes la hoja viene vacía, de modo que esas curvas no son reproducibles ni verificables desde el archivo entregado. El concepto declara una selección por ajuste del modelo que no puede comprobarse sin ese insumo.

Acción de subsanación: aportar la serie cruda de las 16 estaciones IDF restantes y, para las 22, la distribución adoptada y el resultado de la prueba de Chi-cuadrado, de modo que cada curva sea reproducible.

Prioridad: Alta · **Origen:** Especialista y auditoría

C3. Tabular explícitamente TR2, TR3 y TR15 y entregar los hietogramas de diseño

Las matrices IDF solo tabulan los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años, pero el modelo reporta caudales máximos para TR 2, 3, 5, 15, 25, 50 y 100. Falta precisamente la fila TR15, que sustenta una de las dos manchas centrales del estudio (InundBoundaryTR15), además de TR2 y TR3.

No es posible verificar el hietograma de diseño que alimentó la mancha TR15 sin la intensidad IDF correspondiente.

Acción de subsanación: tabular explícitamente en las IDF las filas de TR2, TR3 y TR15 (y cualquier otro TR usado en el modelo) y entregar los hietogramas de diseño construidos a partir de ellas para cada subcuenca.

Prioridad: Determinante · **Origen:** Especialista y auditoría

C4. Completar los anexos de frecuencias e IDF

El estudio remite a anexos de distribuciones, caudales y curvas IDF que deben acompañar la memoria para su verificación integral.

Acción de subsanación: entregar completos el anexo de análisis de frecuencias (distribuciones y caudales) y el anexo de IDF, con la distribución adoptada y el ajuste del modelo por estación.

Prioridad: Media · **Origen:** Auditoría técnica

5.D. Calibración, validación y modelo HEC-HMS

D1. Robustecer la calibración y validación (multi-punto y multi-evento)

La calibración se apoya en un único punto (estación Cuestecita) y un único periodo de retorno (100 años), y la validación reproduce el mismo objetivo de la calibración, por lo que su independencia es limitada. La red hidrológica verificada aporta 33 estaciones de caudal activas, varias sobre el cauce principal (El Silencio, Puente Guajiro, San Francisco, Abajo Bocatoma, Aremasahín, Puente Carretera), disponibles para una validación más robusta.

Una calibración de un solo punto y un solo evento no garantiza que el modelo reproduzca el comportamiento de la cuenca en el rango completo de crecientes.

Acción de subsanación: realizar una validación de tipo split-sample en estaciones y eventos independientes de los usados en la calibración, aprovechando las estaciones de caudal disponibles sobre

el cauce principal, y reportar los estadísticos de la evaluación del ajuste del modelo (Nash-Sutcliffe, error de volumen y de pico).

Prioridad: Alta · **Origen:** Auditoría técnica

D2. Documentar el tratamiento del embalse El Cercado en la serie de calibración

La serie de la estación Cuestecita está afectada por la regulación del embalse El Cercado. La auditoría confirmó que el embalse está ruteado en el modelo, pero el efecto de la regulación sobre la serie observada usada para calibrar —y sobre el análisis de dobles masas— solo se trató parcialmente.

Acción de subsanación: cuantificar y documentar el efecto del embalse sobre la serie de Cuestecita y sobre las dobles masas, distinguiendo el régimen natural del regulado en el periodo de calibración.

Prioridad: Media · **Origen:** Auditoría técnica

D3. Sustentar técnicamente la reducción del número de curva (CN)

La reducción del número de curva aplicada en la calibración baja el caudal Q100 casi a la mitad (de 566,92 a 296,40 m^3/s) y se justifica «según la experiencia del consultor», sin una base documentada.

Un ajuste de esa magnitud sobre el parámetro que gobierna la generación de escorrentía requiere respaldo verificable.

Acción de subsanación: documentar la base del CN adoptado (usos y coberturas del suelo, grupo hidrológico, condición de humedad antecedente y referencias), de modo que la reducción sea reproducible y defendible.

Prioridad: Alta · **Origen:** Auditoría técnica

D4. Entregar la tabla consolidada de caudales pico por nodo y periodo de retorno

El resultado de mayor valor del estudio —los caudales máximos— debe presentarse de forma consolidada y conciliada entre los valores locales de subcuenca y los ruteados en el cauce principal.

Acción de subsanación: entregar una tabla de caudales pico por punto de interés/nodo y por periodo de retorno (2, 3, 5, 15, 25, 50 y 100 años), conciliando explícitamente los caudales locales con los ruteados.

Prioridad: Alta · **Origen:** Auditoría técnica

5.E. Modelación hidráulica y definición de la mancha (fase siguiente)

E1. Vincular los caudales de diseño a un modelo hidráulico bidimensional

El especialista recomienda de manera expresa vincular los caudales máximos obtenidos a un software de simulación hidráulica (tipo HEC-RAS 2D) para delimitar con exactitud cartográfica la mancha de inundación, que es la base física de la línea de ronda hídrica. Esta vinculación es el puente indispensable entre la hidrología y el producto jurídico final.

Acción de subsanación: ejecutar la modelación hidráulica bidimensional con los caudales por TR y entregar los rásters de profundidad y velocidad por periodo de retorno y las secciones del modelo, como sustento de las manchas.

Prioridad: Determinante · **Origen:** Especialista

E2. Modelar adecuadamente las secciones de control 6 y 7 (plano deltaico y desembocadura)

El concepto identifica en el tramo terminal dos secciones críticas: la Sección 6, con encajonamiento moderado, bancas de ~2,5 m y desbordamiento lateral franco a partir de TR 25 que activa vaguadas de alivio hacia el plano deltaico; y la Sección 7, de dinámica mixta fluvial-marina, donde una barra arenosa longitudinal actúa como presa natural intermitente y el anegamiento se sincroniza con las mareas.

En esta zona la inundación deja de ser puramente fluvial, por lo que un modelo que no capture el efecto de remanso y la marea subestimaría la mancha.

Acción de subsanación: representar en la modelación hidráulica el efecto de remanso/contrapresión de la barra costera, las vaguadas de alivio de la Sección 6 y el anegamiento mareal de la Sección 7, y reflejar su incidencia en el ancho de la ronda.

Prioridad: Alta · **Origen:** Especialista

E3. Geolocalizar las encuestas de inundación y cruzarlas con las manchas

Se aportaron encuestas comunitarias que documentan eventos de inundación en varios municipios, con fecha, nivel alcanzado, duración y daños. Constituyen una valiosa validación cualitativa, pero varias atribuyen la inundación a arroyos, lagunas o jagüeyes y no al cauce del Ranchería.

Acción de subsanación: geolocalizar los predios encuestados (ID predial y municipio/vereda), cruzarlos con las manchas TR15/TR100 para verificar que los sitios reportados queden dentro de las extensiones modeladas, y separar los eventos de origen fluvial de los de origen pluvial o local.

Prioridad: Media · **Origen:** Auditoría técnica

5.F. Monitoreo, gestión ambiental y ordenamiento territorial

F1. Establecer un programa de monitoreo topo-batimétrico de la barra de desembocadura

Dado que la barra de arena longitudinal de la Sección 7 controla el nivel del agua por contrapresión, cualquier sobreelevación o sedimentación excesiva puede generar inundaciones severas aguas arriba — en el casco urbano de Riohacha y comunidades indígenas costeras— incluso con caudales fluviales moderados.

Acción de subsanación: establecer un programa periódico de monitoreo topográfico y batimétrico de la desembocadura, que alimente la actualización de los escenarios de inundación.

Prioridad: Alta · **Origen:** Especialista

F2. Diseñar estrategias de manejo ambiental y alertas tempranas (PMA)

El concepto recomienda restauración ecológica con vegetación nativa de ribera en las márgenes socavadas (Sección 6, bancas de 2,5 m) para incrementar la rugosidad hidráulica, reducir velocidades de flujo desbordado y estabilizar las bancas. La auditoría añade que las subcuencas de respuesta rápida (Tc < 1,3 h: Guasimito, Hondo) exigen alertas tempranas específicas.

Acción de subsanación: incorporar al Plan de Manejo Ambiental la restauración de la ronda forestal en las márgenes identificadas y un esquema de alertas tempranas focalizado en las subcuencas de respuesta rápida.

Prioridad: Media · **Origen:** Especialista

F3. Actualizar las curvas IDF frente al cambio climático

Se recomienda actualizar las curvas IDF cada 5 a 10 años incorporando los factores de cambio climático proyectados por el IDEAM, para que la infraestructura de protección y vial marginal no quede subdimensionada ante el incremento de las intensidades de tormenta.

Acción de subsanación: programar la actualización periódica de las IDF con escenarios de cambio climático del IDEAM y dejar establecido el procedimiento de revisión.

Prioridad: Media · **Origen:** Especialista

F4. Incorporar la ronda hídrica de forma vinculante en los instrumentos de ordenamiento territorial

Una vez formalizado el límite físico, CORPOGUAJIRA debe gestionar su incorporación vinculante en los POT, PBOT y EOT de los municipios de la cuenca (Riohacha, Albania, Barrancas, Fonseca, San Juan del Cesar, entre otros), para restringir asentamientos e infraestructura crítica dentro de la zona de amenaza y preservar la función amortiguadora del ecosistema.

Acción de subsanación: articular con las administraciones municipales la incorporación de la ronda hídrica en sus instrumentos de ordenamiento, como cierre del proceso de acotamiento.

Prioridad: Alta · **Origen:** Especialista

6. Concepto integrado final

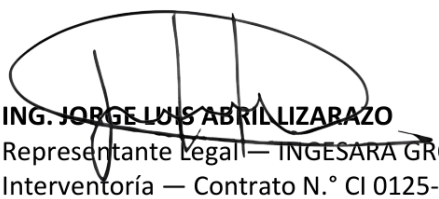
Considerados en conjunto el concepto del especialista y la auditoría técnica de la interventoría, se emite concepto de:

APROBADO CON OBSERVACIONES

El Componente Hidrológico y Climatológico es metodológicamente sólido y sus caudales de diseño son técnicamente confiables. La verificación directa confirma la coherencia del modelo HEC-HMS, el ruteo del embalse El Cercado, la validez de la cuenca de calibración y la consistencia interna de las curvas IDF. Sobre esa base, la aprobación queda condicionada a la atención de las subsanaciones del numeral 5, con el siguiente orden de exigibilidad:

- **Determinantes para el recibo definitivo:** la unificación del sistema de referencia y la completitud de las capas SIG (A1, A2); la aclaración del periodo de registro y la reconciliación diario↔mensual de las series (B1, B5); y la tabulación de la TR15 con sus hietogramas de diseño (C3). En la fase siguiente, la vinculación a la modelación hidráulica bidimensional (E1).
- **De atención previa a la fase hidráulica:** las observaciones de calidad cartográfica (A3), de trazabilidad de datos y códigos (B2, B3, B4), de sustento de las IDF y del CN (C1, C2, D3), de robustez de la calibración (D1) y de consolidación de caudales (D4), junto con el tratamiento de las secciones de control 6 y 7 (E2).
- **De mejora y sostenibilidad:** el metadato y diccionario de datos (A4), el cierre de anexos (C4), la documentación del efecto del embalse (D2), el cruce de encuestas (E3) y las recomendaciones estratégicas de monitoreo, manejo ambiental, actualización de IDF y ordenamiento territorial (F1 a F4).

Se da aprobación al documento en el entendido de que el consultor incorporará al estudio general tanto las cinco recomendaciones estratégicas del especialista como las subsanaciones técnicas de la auditoría, consolidadas en el numeral 5. Atendidas las observaciones determinantes, el componente estará en condiciones de recibo definitivo y de pasar a la fase de modelación hidráulica y delimitación de la ronda hídrica.



ING. JORGE LUIS ABRIL LIZARAZO
Representante Legal — INGESARA GROUP SAS (NIT 901.741.811-4)
Interventoría — Contrato N.° CI 0125-2024

Nota: el documento final se presentará firmado.