

Bucaramanga, 03 de abril de 2017

CG-AVR-ROF-2184-17



Ingeniero:

JAVIER MANTILLA

Subdirección de Planeación e Infraestructura
Área Metropolitana de Bucaramanga

Ref: Propuesta técnico-económica para el ajuste cartográfico y topográfico del estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación de los Ríos de Oro y Frío

Estimado Ingeniero:

En ausencia de una respuesta oficial del AMB a la propuesta de alternativas técnico-económicas para el ajuste cartográfico y topográfico del estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación de los Ríos de Oro y Frío (Convenio Interadministrativo No. 301 de 2016), presentada en fecha 14 de marzo de 2017 mediante oficio CG-AVR-ROF-2172-17, y en vista de que recientemente se dio a conocer la existencia de un levantamiento con tecnología Lidar para el municipio de Girón realizado en los años 2012-2013 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM como parte de la Zonificación de Amenazas por Inundaciones a Escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para diez municipios del territorio colombiano (Contrato No. 408-2013), la Universidad Industrial de Santander considera oportuno presentar ante el Área Metropolitana de Bucaramanga una nueva propuesta técnico-económica para el ajuste cartográfico y topográfico de los tramos de interés de los Ríos de Oro y Frío.

De acuerdo a lo anterior, solicitamos de manera respetuosa que se proceda con celeridad a la evaluación de la propuesta adjunta a la presente comunicación, en vista de que no se ha tenido un pronunciamiento por parte del AMB desde la reunión del pasado 27 de febrero de 2017, en la cual se socializó la problemática encontrada.

Cordialmente,

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Wilfredo', is positioned above the name of the signatory.

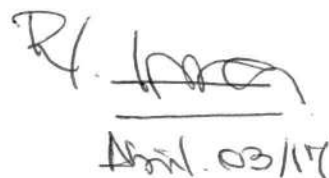
WILFREDO DEL TORO RODRIGUEZ

Director del proyecto

Anexo: Propuesta de alternativa

Elaboró: Silvia Ruggeri

Revisó: Sandy Jair Yanes Sánchez

A handwritten signature, possibly 'R. Inan', is written above the date 'Abril. 03/17.'.

**ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO
POR INUNDACIÓN DEL RÍO DE ORO (TRAMO NUEVO GIRÓN - CAFÉ MADRID) Y
DEL RÍO FRÍO (TRAMO PTAR - GIRÓN)**

**PROPUESTA TÉCNICO-ECONOMICA PARA EL AJUSTE CARTOGRAFICO Y
TOPOGRAFICO DE LOS TRAMOS DE INTERÉS DE LOS RÍOS DE ORO Y FRÍO**

ELABORADO POR:



ESCUELA DE
INGENIERIA
Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

GEOMÁTICA

Gestión y optimización de sistemas

PRESENTADO A:



**ÁREA METROPOLITANA
DE BUCARAMANGA**
BUCARAMANGA - FLOREABLANCA - GIRÓN - PEDERUESTA

**BUCARAMANGA
ABRIL DE 2017**

VB.

[Signature]

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo contemplado en el Convenio Interadministrativo N° 301 de 2016 cuyo objeto es "Aunar esfuerzos entre el Área Metropolitana de Bucaramanga y la Universidad Industrial de Santander para la ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN DEL RÍO DE ORO (SECTOR NUEVO GIRÓN – CAFÉ MADRID, 20 KM APROX) Y DEL RÍO FRÍO (SECTOR PTAR – GIRÓN, 6KM APROX)", se ha realizado la actualización de la topografía de los estudios anteriores de los tramos en estudio de los ríos de Oro y Frío, mediante el levantamiento de secciones de control cada 500 metros, así como el levantamiento de fotogrametría aérea mediante tecnología UAV, con el fin de validar la topografía existente y realizar la restitución cartográfica de las zonas de interés.

En el proceso de validación de la topografía actualizada, se ha evidenciado la existencia de modificaciones en la dinámica del río con respecto a la situación encontrada en los estudios anteriores, que se consideran puedan afectar sustancialmente a la precisión del modelo hidráulico en los casos más críticos y que generan inconsistencias importantes en la cartografía del estudio, debido a que el río restituido de las aerofotografías adquiridas resulta ser incompatible con la información topográfica actualizada.

A la luz de la problemática observada, el día 27 de febrero de 2017 se citó a reunión el equipo supervisor del Área Metropolitana de Bucaramanga en las instalaciones de la UIS, con el fin de describir e ilustrar las incongruencias evidenciadas entre la topografía actualizada y las imágenes áreas capturadas.

Considerada la magnitud de las incongruencias encontradas y de las posibles repercusiones sobre el nivel de precisión de los resultados del estudio y de los productos cartográficos correspondientes, se decidió proceder de manera conjunta a la identificación y formulación de las posibles alternativas para la realización de los debidos ajustes topográficos y cartográficos.

El 14 de marzo de 2017 la Universidad Industrial de Santander, cumpliendo con los compromisos adquiridos en la reunión, presenta a consideración del Área Metropolitana de Bucaramanga una primera propuesta de alternativas técnico-económicas para el ajuste cartográfico y topográfico de los tramos en estudio de los Ríos de Oro y Frío, mediante oficio CG-AVR-ROF-2172-17.

En vista de que recientemente se dio a conocer la existencia de un levantamiento con tecnología Lidar para el municipio de Girón realizado en los años 2012-2013 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM como parte de la Zonificación de Amenazas por Inundaciones a Escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para diez municipios del territorio colombiano (Contrato No. 408-2013), la Universidad Industrial de Santander considera oportuno presentar ante el Área Metropolitana de Bucaramanga una nueva propuesta técnico-económica para el ajuste cartográfico y topográfico de los tramos de interés de los Ríos de Oro y Frío.

2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a lo contemplado en el Convenio Interadministrativo N° 301 de 2016 cuyo objeto es "Aunar esfuerzos entre el Área Metropolitana de Bucaramanga y la Universidad Industrial de Santander para la ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN DEL RÍO DE ORO (SECTOR NUEVO GIRÓN – CAFÉ MADRID, 20 KM APROX) Y DEL RÍO FRIO (SECTOR PTAR – GIRÓN, 6KM APROX)", la Universidad Industrial de Santander ha venido desarrollando las actividades definidas para cada uno de los ocho (8) componentes descritos en el Anexo Técnico del Convenio.

Dentro del Componente 1 – Cartografía digital y modelado 3D, se tenía contemplado el desarrollo de las siguientes actividades:

- 1.1 Recopilación y análisis de información secundaria.
- 1.2 Ortomosaico fotografía aérea digital UAV y Modelo Digital de Elevaciones Escala 1:2000 (Zona inundable 14 Km² aprox)
- 1.3 Actualización cartografía básica digital 1:2000 (curvas de nivel, red de drenajes, construcciones rurales y vías,) planchas IGAC (Zona inundable 14 Km² aprox)
- 1.4 Actualización levantamiento batimétrico de cauces y actualización topográfica (curvas de nivel) (6 km de cauce)

Como parte levantamiento batimétrico de cauces y actualización topográfica de los tramos en estudio de los ríos de Oro y Frio, la Universidad Industrial de Santander ha realizado el levantamiento de 58 secciones de control, ubicadas a lo largo de los cauces con una frecuencia de 500 metros, así como el levantamiento de fotogrametría aérea mediante tecnología UAV, con el fin de validar la topografía existente y realizar la restitución cartográfica de las zonas de interés.

El proceso de validación de la topografía actualizada ha evidenciado la existencia de modificaciones importantes en la dinámica de los ríos con respecto a la situación encontrada en los estudios anteriores, que interesan aproximadamente 16 Km de cauces (el 60% de la totalidad de los tramos en estudio). Estas modificaciones pueden afectar sustancialmente a la determinación de los niveles de amenaza por inundación y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, y generan inconsistencias importantes en la cartografía del estudio, debido a que el río restituído de las aerofotografías adquiridas resulta ser incompatible con la información topográfica actualizada según los alcances estipulados en el Convenio.

Por lo tanto se evidencia la necesidad de ampliar los alcances previamente definidos para el subcomponente 1.4, donde se contempló únicamente la actualización del levantamiento batimétrico de cauces y la actualización topográfica de 6 km de cauce, precisando la información batimétrica de los cauces objeto de estudio, con el fin de actualizar de manera satisfactoria la información de entrada del modelo hidráulico.

Como actividad adicional del componente 1.3, en vista de que la confiabilidad de la zonificación de los niveles de amenaza y de la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones depende sustancialmente de la precisión de la información topográfica del

área de estudio, la cual se ha modificado como consecuencia de la variación evidenciada en la dinámica de los cauces estudiados, se considera oportuno y necesario precisar la cartografía básica digital mediante la captura de información primaria.

La presente propuesta plantea el uso de información altimétrica (curvas de nivel) derivada del levantamiento de información primaria realizado como parte del estudio de zonificación de amenaza por inundación para el área urbana del municipio de Girón, desarrollado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM (Contrato No. 408-2013) en los años 2012-2013, cuya existencia se dio a conocer recientemente.

3. PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA

Con el fin de ajustar la topografía y cartografía del estudio a la situación actual, se propone el uso combinado de diferentes tecnologías que permitirán obtener una restitución planimetría y altimétrica de alta precisión de la totalidad de las áreas inundables de los tramos de las corrientes de interés, que satisface plenamente las necesidades del estudio para fines del modelamiento hidráulico y de zonificación de la amenaza.

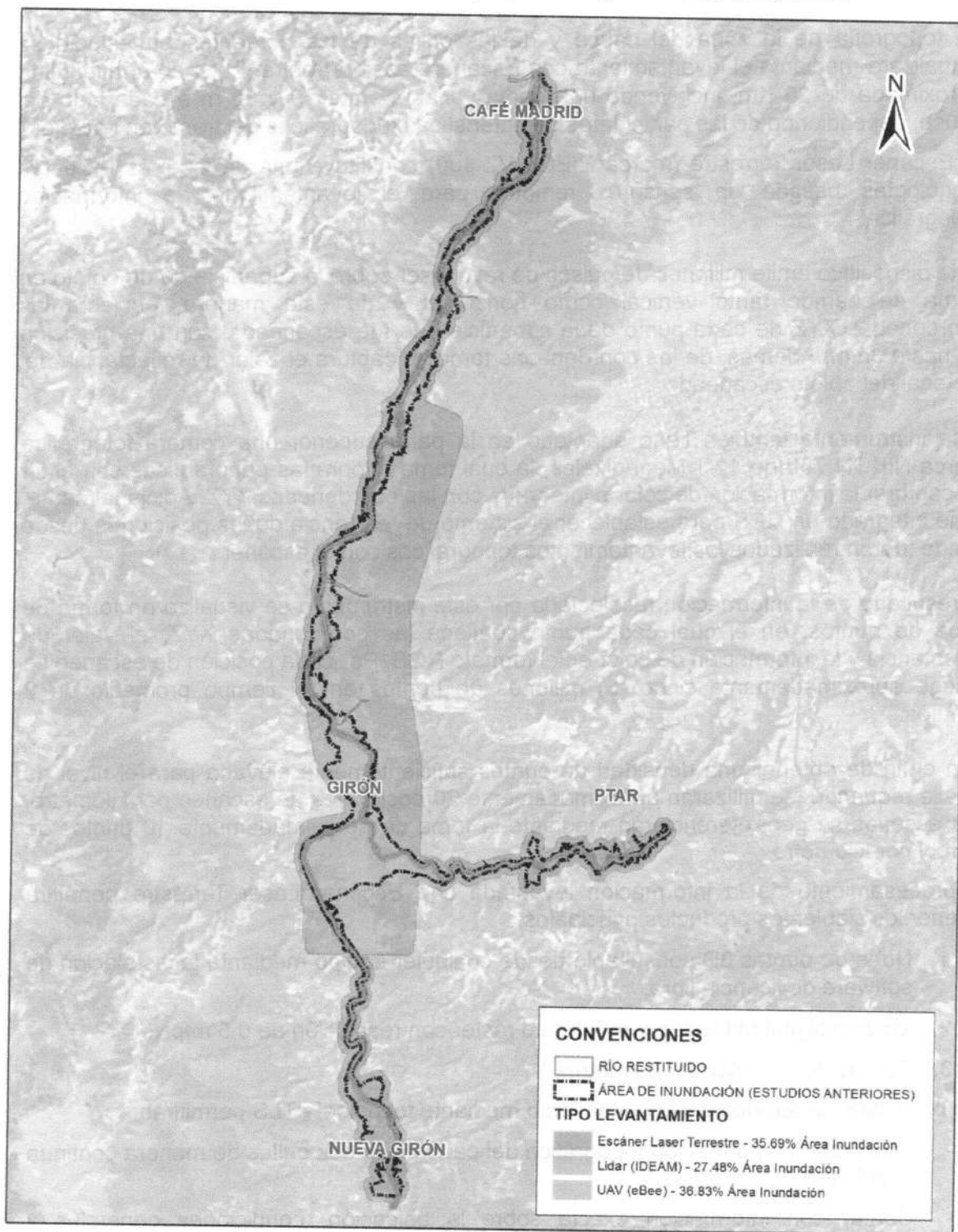
Como resultado de las actividades planteadas se obtendrán los siguientes productos principales:

- Nube de puntos 3d de las zonas de cauce y sus orillas: proporciona información con nivel de precisión topográfico útil para el modelamiento hidráulico, así como para el seguimiento y el diseño de obras de mitigación.
- Modelo Digital del Terreno integral de las áreas inundables (resolución de 0,5m/pixel): constituye el insumo principal para la construcción del modelo hidráulico necesario para la determinación de los niveles de amenaza por inundación y su zonificación. Se obtendrá de la combinación e integración de los Modelos Digitales del Terreno derivados del procesamiento de información capturada mediante Escáner Laser Terrestre (TLS), Lidar aéreo y fotogrametría aérea (*Unmanned Aerial Vehicle* – UAV), complementados con la información batimétrica adquirida mediante equipo doppler (River Surveyor).

A continuación se describen brevemente las principales tecnologías que se propone emplear y su aplicación específica para fines de este estudio.

En la Figura 1 se muestra el área aproximada abarcada por cada una de las tecnologías propuestas, así como su contribución relativa al cubrimiento del área de inundación determinada en los estudios anteriores.

Figura 1. Área de levantamiento propuesta según tecnología empleada.



Fuente: Equipo Técnico – UIS.

170

3.1 Levantamiento con Escáner Laser Terrestre (TLS)

La topografía de la zona del cauce y de las orillas de las corrientes en estudio se actualizará mediante el levantamiento con Escáner Laser Terrestre (TLS) en una longitud aproximada de 26 Km, incluyendo una franja variable entre 10 y 50 m a cada lado del cauce, dependiendo de las particulares características topográficas del tramo en estudio.

El Escáner Láser Terrestre (marca RIEGL VZ-400) constituye una de las más recientes tecnologías basada en sensores remotos para el levantamiento de información topográfica.

Este dispositivo emite millones de pulsos de rayo láser sobre la superficie de un objeto en forma de barrido tanto vertical como horizontal y de esta manera recolecta las coordenadas XYZ de cada punto de la superficie que fue escaneada, con una precisión de hasta 3mm. Además, de las coordenadas también captura el valor de reflectancia del material del objeto escaneado.

Este instrumento también tiene adaptado en la parte superior una cámara fotográfica marca NIKON 700 de 12.1 Megapíxeles, la cual toma fotografías panorámicas con el fin de capturar la información de color e integrarla con las coordenadas XYZ. Adicionalmente, tiene integrado un GPS para establecer el sistema de referencia de las posiciones desde donde fueron realizados los levantamientos topográficos con el escáner.

El resultado de la información recolectada por este instrumento se visualiza en forma de nube de puntos, en el cual cada punto contiene las coordenadas XYZ, el valor de reflectancia y la información de color en el formato RGB. Por cada posición de escaneo se recoge aproximadamente cinco (5) millones de puntos en un tiempo promedio de 2 minutos.

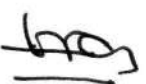
Con el fin de obtener una densidad de puntos suficientemente elevada para el nivel de detalle requerido, se utilizarán aproximadamente 20 posiciones de escaneo por kilómetro. Las escenas se georreferenciarán mediante la toma de aproximadamente 10 puntos de control por kilómetro.

El procesamiento de la información levantada con Escáner Laser Terrestre permitirá obtener los siguientes productos principales:

1. Nube de puntos 3D consultable desde cualquier equipo mediante la instalación de software de licencia libre.
2. Modelo digital del terreno en formato ráster con resolución de 0,5 m/píxel.
3. Curvas de nivel cada 0.25 metros.

Los productos generados del levantamiento mediante tecnología TLS permitirán:

- Actualizar la información topográfica del cauce y de sus orillas de manera continua y uniforme.
- Contar con información exacta sobre la ubicación, condiciones generales y dimensiones de la infraestructura y obras existentes sobre el cauce de los tramos de los ríos De Oro y Frio en estudio.



- Proporcionar información esencial para el modelamiento hidráulico de los tramos de las corrientes hídricas en estudio.
- Completar la información topográfica de los sectores que no pueden ser restituidos mediante tecnología Lidar por la presencia de puentes y otras estructuras que interfieren con la captura de datos.
- Proporcionar información detallada para el prediseño y el diseño de obras de mitigación de la amenaza por inundación.

La información altimétrica de los sectores más alejadas del cauce y/o donde la densidad de la nube de puntos obtenida mediante levantamiento TLS no sea suficiente debido a las particulares condiciones topográficas del sector, se complementará utilizando la información del levantamiento realizado por el IDEAM sobre el área urbana de Girón mediante tecnología Lidar en los años 2012-2013 y los datos capturados mediante fotogrametría aérea (UAV).

3.2 Modelo Digital del Terreno a partir de fotogrametría aérea

El levantamiento de fotogrametría aérea consiste en el registro fotográfico desde una plataforma aérea con el fin de obtener una secuencia de imágenes a lo largo de una ruta de vuelo previamente establecida que cubra toda la zona de interés. Para este estudio se ha utilizado la plataforma UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) eBee de la compañía suiza Sensefly.

La información obtenida de los 18 vuelos realizados sobre el área de estudio, correspondientes a aproximadamente 4500 imágenes aéreas georreferenciadas, se procesará mediante el software Pix4D con el fin obtener un Modelo Digital del Terreno (DTM).

El DTM obtenido será depurado e ajustado con el fin de incorporarse a la información altimétrica y batimétrica derivada del levantamiento mediante otras tecnologías.

Cabe resaltar el procesamiento de fotogrametría aérea se utilizará principalmente para actualizar la información altimétrica de las planicies aluviales y de las zonas no directamente afectadas por la dinámica de los tramos de ríos en estudio.

3.3 Modelo Digital del Terreno a partir de Lidar aéreo (IDEAM)

Se utilizará el Modelo Digital del Terreno del municipio de Girón proporcionado por el IDEAM y obtenido a partir del levantamiento de información mediante tecnología Lidar aérea, como parte del estudio para la zonificación de amenaza por inundación (finales del año 2013).

El sistema conocido como LiDAR (Light Detection and Ranging), permite registrar los diferentes objetos y sus altitudes en un terreno de tal manera que éstos puedan reproducirse en un mapa. El levantamiento LIDAR aerotransportado, arroja como resultado principal un conjunto de puntos (nube de puntos) de coordenadas conocidas (X, Y, Z) en formato LAS. La nube de puntos obtenida se procesa con el fin de obtener un Modelo Digital del Terreno con una resolución submétrica.

Sin embargo el levantamiento Lidar no refleja de manera confiable la situación actual del cauce y de sus orillas, debido principalmente a las variaciones posteriores al año 2013



que se han manifestado en la dinámica del río, la construcción de numerosas obras de mitigación de la amenaza (muros y gaviones), de nueva infraestructura y edificaciones, entre otros factores.

Adicionalmente, la información adquirida abarca a una porción limitada del área de estudio, ya que se extiende de manera discontinua y poco uniforme sobre los tramos de interés, dejando sin cubrimiento alguno una longitud de aproximadamente 12 km de cauce.

De acuerdo a lo anterior, la información del levantamiento Lidar realizado por el Ideam se utilizará principalmente para actualizar la altimetría de las planicies aluviales y de las zonas no directamente afectadas por la dinámica de los tramos de ríos en estudio, en combinación con los datos capturados mediante tecnología UAV.

3.4 Batimetría

Debido a que ninguna de las anteriores tecnologías (Escáner Láser Terrestre, Lidar Aéreo y UAV) permiten obtener información por debajo de la lámina de agua, la cual constituye un importante insumo para el modelamiento hidráulico de las corrientes de agua en los softwares Hec Ras y Hec-GeoRas, se realizará el levantamiento de la batimetría mediante equipo doppler (River Surveyor, proporcionado por el Área Metropolitana de Bucaramanga), con el fin de incorporarla en el Modelo Digital del Terreno de las áreas inundables de los Ríos De Oro y Frio.

Cuando la profundidad de la corriente de agua no sea suficiente para operar el River Surveyor (profundidad < 1 m), la información batimétrica requerida se obtendrá mediante el uso de jalones previamente instalados a lo largo de la sección transversal que, incluidos en la escena capturada mediante Escáner Láser Terrestre, permitirán calcular la profundidad del cauce en fase de posproceso.

3.5 TIEMPO DE EJECUCIÓN

El tiempo de ejecución de la presente propuesta es de 2 (dos) meses a partir de su aceptación formal por parte del Área Metropolitana de Bucaramanga.

3.6 VALOR DE LA PROPUESTA

La presente propuesta tiene un valor de 200.000.000,00 Pesos M/Cte, de los cuales 39.000.000,00 pesos M/Cte constituyen aportes no desembolsables de la Universidad Industrial de Santander.

Cabe aclarar que el levantamiento batimétrico mediante equipo Doppler y el levantamiento de puntos de control adicionales con el GPS para el ajuste de los DTMs derivados de Lidar y fotogrametría aérea no se contempla como un costo adicional en esta propuesta ya que será realizado de manera conjunta por las dos entidades (AMB-UIS).

PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA PARA EL AJUSTE CARTOGRÁFICO Y TOPOGRÁFICO DE LOS TRAMOS DE INTERÉS DE LOS RÍOS DE ORO Y FRÍO						
Ítem	Unidad	Cant.	Valor Unitario	Total	Aporte AMB	Aporte UIS
Levantamiento 3D con Escáner Láser Terrestre Río de Oro (20 Km)*	Escena	400	325.000,00	130.000.000,00	130.000.000,00	-
Levantamiento de puntos de control con GPS de precisión submétrica Río de Oro (20 Km)**	Punto	200	119.230,77	23.846.153,85	23.846.153,85	-
Levantamiento de puntos de control adicionales para ajuste DTM Lidar y fotogrametría aérea	Punto	60	NA	NA	NA	NA
Levantamiento batimétrico mediante equipo Doppler	Global	NA	NA	NA	NA	NA
Total levantamiento Río de Oro				153.846.153,85	153.846.153,85	-
Levantamiento 3D con Escáner Láser Terrestre Río Frio (6 Km)*	Escena	120	325.000,00	39.000.000,00	-	39.000.000,00
Levantamiento de puntos de control con GPS de precisión submétrica Río Frio (6 Km)**	Punto	60	119.230,77	7.153.846,15	7.153.846,15	-
Levantamiento de puntos de control adicionales para ajuste DTM Lidar y fotogrametría aérea	Punto	40	NA	NA	NA	NA
Levantamiento batimétrico mediante equipo Doppler	Global	NA	NA	NA	NA	NA
Total levantamiento Río Frio				46.153.846,15	7.153.846,15	39.000.000,00
Valor total propuesta				200.000.000,00	161.000.000,00	39.000.000,00

**ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO
POR INUNDACIÓN DEL RÍO DE ORO (TRAMO NUEVO GIRÓN - CAFÉ MADRID) Y
DEL RÍO FRÍO (TRAMO PTAR - GIRÓN)**

**PROPUESTA TÉCNICO-ECONOMICA PARA EL AJUSTE CARTOGRAFICO Y
TOPOGRAFICO DE LOS TRAMOS DE INTERÉS DE LOS RÍOS DE ORO Y FRÍO**

ELABORADO POR:



ESCUELA DE
INGENIERIA
Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

GEOMÁTICA

Gestión y optimización de sistemas

PRESENTADO A:



**ÁREA METROPOLITANA
DE BUCARAMANGA**
BUCARAMANGA - FLORIDIANCA - GIRÓN - PEDRUEÑA

**BUCARAMANGA
ABRIL DE 2017**

VBZ.

Imen

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo contemplado en el Convenio Interadministrativo N° 301 de 2016 cuyo objeto es "Aunar esfuerzos entre el Área Metropolitana de Bucaramanga y la Universidad Industrial de Santander para la ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN DEL RÍO DE ORO (SECTOR NUEVO GIRÓN – CAFÉ MADRID, 20 KM APROX) Y DEL RÍO FRÍO (SECTOR PTAR – GIRÓN, 6KM APROX)", se ha realizado la actualización de la topografía de los estudios anteriores de los tramos en estudio de los ríos de Oro y Frío, mediante el levantamiento de secciones de control cada 500 metros, así como el levantamiento de fotogrametría aérea mediante tecnología UAV, con el fin de validar la topografía existente y realizar la restitución cartográfica de las zonas de interés.

En el proceso de validación de la topografía actualizada, se ha evidenciado la existencia de modificaciones en la dinámica del río con respecto a la situación encontrada en los estudios anteriores, que se consideran puedan afectar sustancialmente a la precisión del modelo hidráulico en los casos más críticos y que generan inconsistencias importantes en la cartografía del estudio, debido a que el río restituido de las aerofotografías adquiridas resulta ser incompatible con la información topográfica actualizada.

A la luz de la problemática observada, el día 27 de febrero de 2017 se citó a reunión el equipo supervisor del Área Metropolitana de Bucaramanga en las instalaciones de la UIS, con el fin de describir e ilustrar las incongruencias evidenciadas entre la topografía actualizada y las imágenes áreas capturadas.

Considerada la magnitud de las incongruencias encontradas y de las posibles repercusiones sobre el nivel de precisión de los resultados del estudio y de los productos cartográficos correspondientes, se decidió proceder de manera conjunta a la identificación y formulación de las posibles alternativas para la realización de los debidos ajustes topográficos y cartográficos.

El 14 de marzo de 2017 la Universidad Industrial de Santander, cumpliendo con los compromisos adquiridos en la reunión, presenta a consideración del Área Metropolitana de Bucaramanga una primera propuesta de alternativas técnico-económicas para el ajuste cartográfico y topográfico de los tramos en estudio de los Ríos de Oro y Frío, mediante oficio CG-AVR-ROF-2172-17.

En vista de que recientemente se dio a conocer la existencia de un levantamiento con tecnología Lidar para el municipio de Girón realizado en los años 2012-2013 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM como parte de la Zonificación de Amenazas por Inundaciones a Escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para diez municipios del territorio colombiano (Contrato No. 408-2013), la Universidad Industrial de Santander considera oportuno presentar ante el Área Metropolitana de Bucaramanga una nueva propuesta técnico-económica para el ajuste cartográfico y topográfico de los tramos de interés de los Ríos de Oro y Frío.

2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a lo contemplado en el Convenio Interadministrativo N° 301 de 2016 cuyo objeto es "Aunar esfuerzos entre el Área Metropolitana de Bucaramanga y la Universidad Industrial de Santander para la ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN DEL RÍO DE ORO (SECTOR NUEVO GIRÓN – CAFÉ MADRID, 20 KM APROX) Y DEL RÍO FRIO (SECTOR PTAR – GIRÓN, 6KM APROX)", la Universidad Industrial de Santander ha venido desarrollando las actividades definidas para cada uno de los ocho (8) componentes descritos en el Anexo Técnico del Convenio.

Dentro del Componente 1 – Cartografía digital y modelado 3D, se tenía contemplado el desarrollo de las siguientes actividades:

- 1.1 Recopilación y análisis de información secundaria.
- 1.2 Ortomosaico fotografía aérea digital UAV y Modelo Digital de Elevaciones Escala 1:2000 (Zona inundable 14 Km² aprox)
- 1.3 Actualización cartografía básica digital 1:2000 (curvas de nivel, red de drenajes, construcciones rurales y vías,) planchas IGAC (Zona inundable 14 Km² aprox)
- 1.4 Actualización levantamiento batimétrico de cauces y actualización topográfica (curvas de nivel) (6 km de cauce)

Como parte levantamiento batimétrico de cauces y actualización topográfica de los tramos en estudio de los ríos de Oro y Frio, la Universidad Industrial de Santander ha realizado el levantamiento de 58 secciones de control, ubicadas a lo largo de los cauces con una frecuencia de 500 metros, así como el levantamiento de fotogrametría aérea mediante tecnología UAV, con el fin de validar la topografía existente y realizar la restitución cartográfica de las zonas de interés.

El proceso de validación de la topografía actualizada ha evidenciado la existencia de modificaciones importantes en la dinámica de los ríos con respecto a la situación encontrada en los estudios anteriores, que interesan aproximadamente 16 Km de cauces (el 60% de la totalidad de los tramos en estudio). Estas modificaciones pueden afectar sustancialmente a la determinación de los niveles de amenaza por inundación y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, y generan inconsistencias importantes en la cartografía del estudio, debido a que el río restituido de las aerofotografías adquiridas resulta ser incompatible con la información topográfica actualizada según los alcances estipulados en el Convenio.

Por lo tanto se evidencia la necesidad de ampliar los alcances previamente definidos para el subcomponente 1.4, donde se contempló únicamente la actualización del levantamiento batimétrico de cauces y la actualización topográfica de 6 km de cauce, precisando la información batimétrica de los cauces objeto de estudio, con el fin de actualizar de manera satisfactoria la información de entrada del modelo hidráulico.

Como actividad adicional del componente 1.3, en vista de que la confiabilidad de la zonificación de los niveles de amenaza y de la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones depende sustancialmente de la precisión de la información topográfica del

área de estudio, la cual se ha modificado como consecuencia de la variación evidenciada en la dinámica de los cauces estudiados, se considera oportuno y necesario precisar la cartografía básica digital mediante la captura de información primaria.

La presente propuesta plantea el uso de información altimétrica (curvas de nivel) derivada del levantamiento de información primaria realizado como parte del estudio de zonificación de amenaza por inundación para el área urbana del municipio de Girón, desarrollado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM (Contrato No. 408-2013) en los años 2012-2013, cuya existencia se dio a conocer recientemente.

3. PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA

Con el fin de ajustar la topografía y cartografía del estudio a la situación actual, se propone el uso combinado de diferentes tecnologías que permitirán obtener una restitución planimetría y altimétrica de alta precisión de la totalidad de las áreas inundables de los tramos de las corrientes de interés, que satisface plenamente las necesidades del estudio para fines del modelamiento hidráulico y de zonificación de la amenaza.

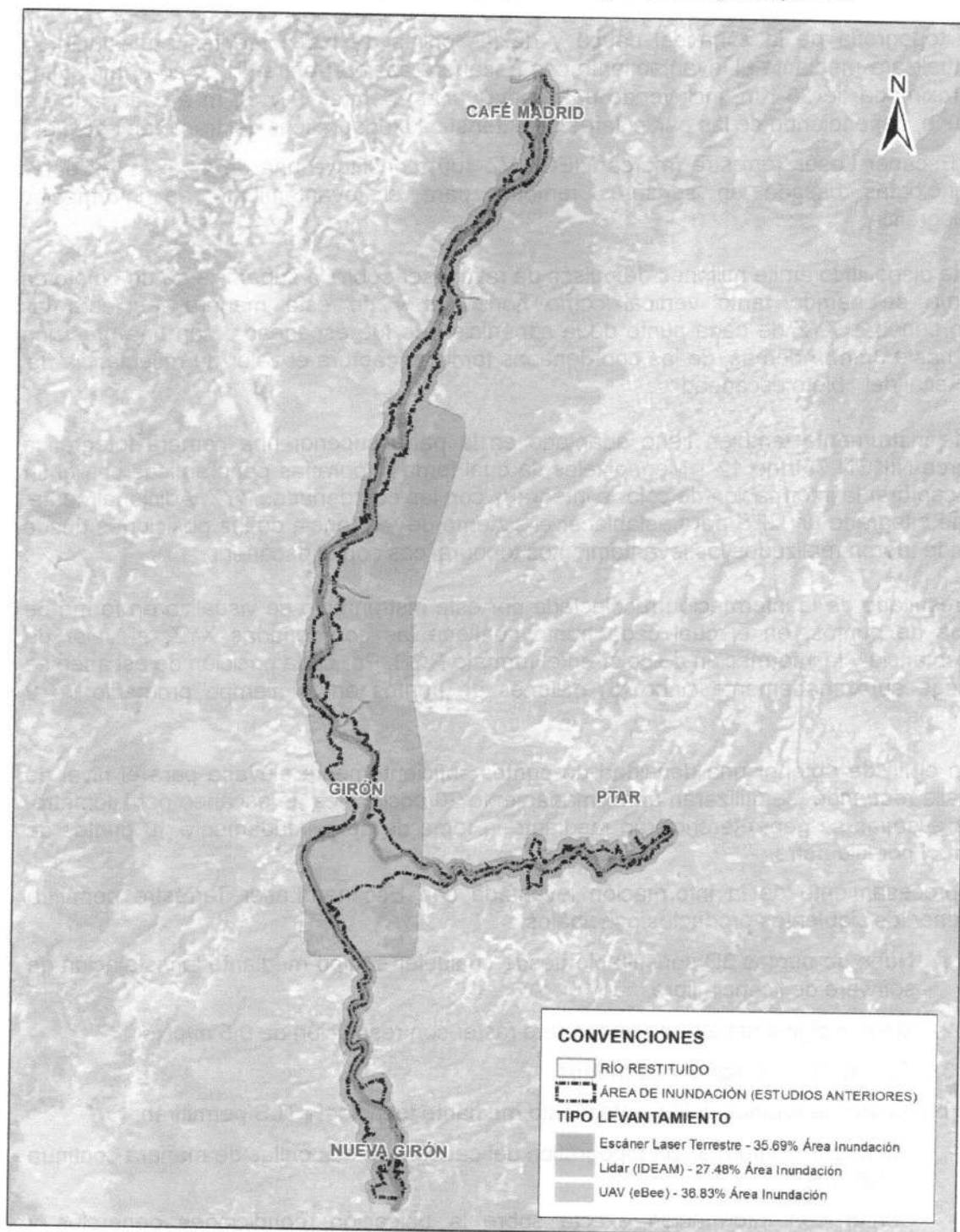
Como resultado de las actividades planteadas se obtendrán los siguientes productos principales:

- Nube de puntos 3d de las zonas de cauce y sus orillas: proporciona información con nivel de precisión topográfico útil para el modelamiento hidráulico, así como para el seguimiento y el diseño de obras de mitigación.
- Modelo Digital del Terreno integral de las áreas inundables (resolución de 0,5m/pixel): constituye el insumo principal para la construcción del modelo hidráulico necesario para la determinación de los niveles de amenaza por inundación y su zonificación. Se obtendrá de la combinación e integración de los Modelos Digitales del Terreno derivados del procesamiento de información capturada mediante Escáner Laser Terrestre (TLS), Lidar aéreo y fotogrametría aérea (*Unmanned Aerial Vehicle* – UAV), complementados con la información batimétrica adquirida mediante equipo doppler (River Surveyor).

A continuación se describen brevemente las principales tecnologías que se propone emplear y su aplicación específica para fines de este estudio.

En la Figura 1 se muestra el área aproximada abarcada por cada una de las tecnologías propuestas, así como su contribución relativa al cubrimiento del área de inundación determinada en los estudios anteriores.

Figura 1. Área de levantamiento propuesta según tecnología empleada.



Fuente: Equipo Técnico – UIS.

3.1 Levantamiento con Escáner Laser Terrestre (TLS)

La topografía de la zona del cauce y de las orillas de las corrientes en estudio se actualizará mediante el levantamiento con Escáner Laser Terrestre (TLS) en una longitud aproximada de 26 Km, incluyendo una franja variable entre 10 y 50 m a cada lado del cauce, dependiendo de las particulares características topográficas del tramo en estudio.

El Escáner Láser Terrestre (marca RIEGL VZ-400) constituye una de las más recientes tecnologías basada en sensores remotos para el levantamiento de información topográfica.

Este dispositivo emite millones de pulsos de rayo láser sobre la superficie de un objeto en forma de barrido tanto vertical como horizontal y de esta manera recolecta las coordenadas XYZ de cada punto de la superficie que fue escaneada, con una precisión de hasta 3mm. Además, de las coordenadas también captura el valor de reflectancia del material del objeto escaneado.

Este instrumento también tiene adaptado en la parte superior una cámara fotográfica marca NIKON 700 de 12.1 Megapíxeles, la cual toma fotografías panorámicas con el fin de capturar la información de color e integrarla con las coordenadas XYZ. Adicionalmente, tiene integrado un GPS para establecer el sistema de referencia de las posiciones desde donde fueron realizados los levantamientos topográficos con el escáner.

El resultado de la información recolectada por este instrumento se visualiza en forma de nube de puntos, en el cual cada punto contiene las coordenadas XYZ, el valor de reflectancia y la información de color en el formato RGB. Por cada posición de escaneo se recoge aproximadamente cinco (5) millones de puntos en un tiempo promedio de 2 minutos.

Con el fin de obtener una densidad de puntos suficientemente elevada para el nivel de detalle requerido, se utilizarán aproximadamente 20 posiciones de escaneo por kilómetro. Las escenas se georreferenciarán mediante la toma de aproximadamente 10 puntos de control por kilómetro.

El procesamiento de la información levantada con Escáner Laser Terrestre permitirá obtener los siguientes productos principales:

1. Nube de puntos 3D consultable desde cualquier equipo mediante la instalación de software de licencia libre.
2. Modelo digital del terreno en formato ráster con resolución de 0,5 m/píxel.
3. Curvas de nivel cada 0.25 metros.

Los productos generados del levantamiento mediante tecnología TLS permitirán:

- Actualizar la información topográfica del cauce y de sus orillas de manera continua y uniforme.
- Contar con información exacta sobre la ubicación, condiciones generales y dimensiones de la infraestructura y obras existentes sobre el cauce de los tramos de los ríos De Oro y Frio en estudio.

- Proporcionar información esencial para el modelamiento hidráulico de los tramos de las corrientes hídricas en estudio.
- Completar la información topográfica de los sectores que no pueden ser restituidos mediante tecnología Lidar por la presencia de puentes y otras estructuras que interfieren con la captura de datos.
- Proporcionar información detallada para el prediseño y el diseño de obras de mitigación de la amenaza por inundación.

La información altimétrica de los sectores más alejadas del cauce y/o donde la densidad de la nube de puntos obtenida mediante levantamiento TLS no sea suficiente debido a las particulares condiciones topográficas del sector, se complementará utilizando la información del levantamiento realizado por el IDEAM sobre el área urbana de Girón mediante tecnología Lidar en los años 2012-2013 y los datos capturados mediante fotogrametría aérea (UAV).

3.2 Modelo Digital del Terreno a partir de fotogrametría aérea

El levantamiento de fotogrametría aérea consiste en el registro fotográfico desde una plataforma aérea con el fin de obtener una secuencia de imágenes a lo largo de una ruta de vuelo previamente establecida que cubra toda la zona de interés. Para este estudio se ha utilizado la plataforma UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) eBee de la compañía suiza Sensefly.

La información obtenida de los 18 vuelos realizados sobre el área de estudio, correspondientes a aproximadamente 4500 imágenes aéreas georreferenciadas, se procesará mediante el software Pix4D con el fin obtener un Modelo Digital del Terreno (DTM).

El DTM obtenido será depurado e ajustado con el fin de incorporarse a la información altimétrica y batimétrica derivada del levantamiento mediante otras tecnologías.

Cabe resaltar el procesamiento de fotogrametría aérea se utilizará principalmente para actualizar la información altimétrica de las planicies aluviales y de las zonas no directamente afectadas por la dinámica de los tramos de ríos en estudio.

3.3 Modelo Digital del Terreno a partir de Lidar aéreo (IDEAM)

Se utilizará el Modelo Digital del Terreno del municipio de Girón proporcionado por el IDEAM y obtenido a partir del levantamiento de información mediante tecnología Lidar aérea, como parte del estudio para la zonificación de amenaza por inundación (finales del año 2013).

El sistema conocido como LiDAR (Light Detection and Ranging), permite registrar los diferentes objetos y sus altitudes en un terreno de tal manera que éstos puedan reproducirse en un mapa. El levantamiento LIDAR aerotransportado, arroja como resultado principal un conjunto de puntos (nube de puntos) de coordenadas conocidas (X, Y, Z) en formato LAS. La nube de puntos obtenida se procesa con el fin de obtener un Modelo Digital del Terreno con una resolución submétrica.

Sin embargo el levantamiento Lidar no refleja de manera confiable la situación actual del cauce y de sus orillas, debido principalmente a las variaciones posteriores al año 2013

que se han manifestado en la dinámica del río, la construcción de numerosas obras de mitigación de la amenaza (muros y gaviones), de nueva infraestructura y edificaciones, entre otros factores.

Adicionalmente, la información adquirida abarca a una porción limitada del área de estudio, ya que se extiende de manera discontinua y poco uniforme sobre los tramos de interés, dejando sin cubrimiento alguno una longitud de aproximadamente 12 km de cauce.

De acuerdo a lo anterior, la información del levantamiento Lidar realizado por el Ideam se utilizará principalmente para actualizar la altimetría de las planicies aluviales y de las zonas no directamente afectadas por la dinámica de los tramos de ríos en estudio, en combinación con los datos capturados mediante tecnología UAV.

3.4 Batimetría

Debido a que ninguna de las anteriores tecnologías (Escáner Láser Terrestre, Lidar Aéreo y UAV) permiten obtener información por debajo de la lámina de agua, la cual constituye un importante insumo para el modelamiento hidráulico de las corrientes de agua en los softwares Hec Ras y Hec-GeoRas, se realizará el levantamiento de la batimetría mediante equipo doppler (River Surveyor, proporcionado por el Área Metropolitana de Bucaramanga), con el fin de incorporarla en el Modelo Digital del Terreno de las áreas inundables de los Ríos De Oro y Frío.

Cuando la profundidad de la corriente de agua no sea suficiente para operar el River Surveyor (profundidad < 1 m), la información batimétrica requerida se obtendrá mediante el uso de jalones previamente instalados a lo largo de la sección transversal que, incluidos en la escena capturada mediante Escáner Láser Terrestre, permitirán calcular la profundidad del cauce en fase de posproceso.

3.5 TIEMPO DE EJECUCIÓN

El tiempo de ejecución de la presente propuesta es de 2 (dos) meses a partir de su aceptación formal por parte del Área Metropolitana de Bucaramanga.

3.6 VALOR DE LA PROPUESTA

La presente propuesta tiene un valor de 200.000.000,00 Pesos M/Cte, de los cuales 39.000.000,00 pesos M/Cte constituyen aportes no desembolsables de la Universidad Industrial de Santander.

Cabe aclarar que el levantamiento batimétrico mediante equipo Doppler y el levantamiento de puntos de control adicionales con el GPS para el ajuste de los DTMs derivados de Lidar y fotogrametría aérea no se contempla como un costo adicional en esta propuesta ya que será realizado de manera conjunta por las dos entidades (AMB-UIS).

PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA PARA EL AJUSTE CARTOGRAFICO Y TOPOGRAFICO DE LOS TRAMOS DE INTERÉS DE LOS RÍOS DE ORO Y FRÍO						
Ítem	Unidad	Cant.	Valor Unitario	Total	Aporte AMB	Aporte UIS
Levantamiento 3D con Escáner Láser Terrestre Río de Oro (20 Km)*	Escena	400	325.000,00	130.000.000,00	130.000.000,00	-
Levantamiento de puntos de control con GPS de precisión submétrica Río de Oro (20 Km)**	Punto	200	119.230,77	23.846.153,85	23.846.153,85	-
Levantamiento de puntos de control adicionales para ajuste DTM Lidar y fotogrametría aérea	Punto	60	NA	NA	NA	NA
Levantamiento batimétrico mediante equipo Doppler	Global	NA	NA	NA	NA	NA
Total levantamiento Río de Oro				153.846.153,85	153.846.153,85	-
Levantamiento 3D con Escáner Láser Terrestre Río Frio (6 Km)*	Escena	120	325.000,00	39.000.000,00	-	39.000.000,00
Levantamiento de puntos de control con GPS de precisión submétrica Río Frio (6 Km)**	Punto	60	119.230,77	7.153.846,15	7.153.846,15	-
Levantamiento de puntos de control adicionales para ajuste DTM Lidar y fotogrametría aérea	Punto	40	NA	NA	NA	NA
Levantamiento batimétrico mediante equipo Doppler	Global	NA	NA	NA	NA	NA
Total levantamiento Río Frio				46.153.846,15	7.153.846,15	39.000.000,00
Valor total propuesta				200.000.000,00	161.000.000,00	39.000.000,00