

Guía Técnica

Sistema Integrador de Ayudas a la Navegación

Angostura Kirke

CONVOCATORIA EN COLABORACIÓN CON:

ARMADA DE CHILE

MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO

INSTITUTO NACIONAL DE PROPIEDAD INDUSTRIAL (INAPI)

CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (CORFO)

MINISTERIO DE HACIENDA

CHILECOMPRA

LABORATORIO DE GOBIERNO

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN

AGENCIA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (ANID)

1. Introducción

El presente instrumento busca contribuir a encontrar soluciones innovadoras a problemas de interés público en sectores productivos que requieran desarrollo tecnológico e innovación, conectando a quienes demandan estas soluciones, en este caso la Armada de Chile, a través de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) con potenciales oferentes provenientes del ecosistema nacional de innovación.

En particular, el problema o desafío de interés público productivo que se requiere resolver se denomina “Sistema Integrador de Ayudas a la Navegación Angostura Kirke” cuyo objetivo es contar con un sistema capaz de medir, procesar, difundir y visualizar en tiempo real información sobre la intensidad y dirección de la corriente y condiciones meteorológicas locales, que reúna los atributos de confiabilidad, disponibilidad, precisión y costo preferencial, permitiendo así facilitar la toma de decisión de los usuarios marítimos antes de cruzar la Angostura Kirke, las cuáles incluyen naves mayores y naves menores (tales como busques de carga y de transporte de pasajeros).

Para abordar este desafío, CORFO pone a disposición una convocatoria, la cual es resultado del trabajo en conjunto con la Armada de Chile, la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) y el Centro de Innovación Tecnológico de la Armada (CiTA).

La función de esta Guía Técnica es orientar a los usuarios en la elaboración de su postulación a la convocatoria del Reto de Innovación: Sistema Integrador de Ayudas a la Navegación Angostura Kirke, entregando información relevante para ser utilizada en la formulación.

2. Antecedentes de la Convocatoria

Las ayudas a la navegación existen a lo largo del mundo para permitir la navegación segura y expedita por las rutas marítimas y lacustres. Las ayudas a la navegación se pueden entender como cualquier dispositivo o sistema, externo a un buque, que tiene por fin asistir al navegante en la determinación de la posición y el curso, advertir sobre peligros u obstrucciones o entregar asesoría sobre la ubicación de una mejor ruta o ruta preferida.

En nuestro país el Estado de Chile entrega a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante la cautela del cumplimiento de las leyes y los acuerdos internacionales para proteger la vida humana en el mar, el medio ambiente acuático y los recursos naturales marinos, y regula las actividades que se desarrollan en estos ámbitos. Esta organización debe dirigir, normar y coordinar el quehacer técnico, por medio de las direcciones de “Seguridad y Operaciones Marítimas” y de “Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático”; además, tiene representación en importantes organizaciones internacionales del ámbito marítimo, tales como la Organización Marítima Internacional (OMI) y la Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación y Autoridades de Faros (IALA).

En el contexto nacional, la ayuda a la navegación debe ser de una magnitud y calidad tal, que permita la navegación expedita y segura en todas las rutas de comerciales para Chile, sean éstas marítimas, lacustres o fluviales. La inoperatividad de una ayuda a la navegación puede causar accidentes y poner en peligro la vida humana, el medio ambiente acuático y los recursos naturales marinos.

En la actualidad, el Servicio de Señalización Marítima y Ayudas a la Navegación administra una red de 1881 ayudas a la navegación y cuenta con cinco centros operativos denominados Centros Zonales de Señalización Marítima, en Iquique, Valparaíso, Talcahuano, Puerto Montt y Punta Arenas.

La región de la costa occidental de la Patagonia comprendida entre los paralelos 48° 00' S y 52° 00' S, es una importante vía de comunicación, la cual es recorrida por grandes naves de todas las naciones, en gran parte gracias a las Ayudas a la Navegación existentes, que mitigan los riesgos que la travesía de los canales ofrece su navegación. Es bajo este contexto, que se hace indispensable abordar los casos en donde es necesario contar con una mayor información, con el fin de que los usuarios marítimos naveguen en forma segura, un ejemplo de esto es la Angostura Kirke.

Se denomina Angostura Kirke al paso que existe en el extremo noreste del canal del mismo nombre, entre la costa sur de las Islas Merino y Zeta por el lado norte y el borde norte de la península Vicuña Mackena por el lado sur. La figura 1 muestra la ubicación referencial.

Las ayudas a la navegación en este lugar constan de balizas y enfilaciones ciegas, que indican los rumbos a navegar, existiendo también un AIS-AtoN real en la baliza ciega de Isla Merino, configurándose AIS sintéticos en las balizas de enfilaciones y AIS virtuales en el sector sur de la Isla Medio en la sonda de los 4,5 metros frente a Punta Restinga.

Con respecto a las mareas y corrientes, las observaciones en la Angostura Kirke, indican que la onda de marea se demora 1 hora y 25 minutos en propagarse entre punta Restinga y punta Entrada y las amplitudes de marea son similares a las producidas en Puerto Natales¹.



Figura 1. Angostura Kirke.
Fuente: Google Earth.

¹ Mayores detalles en la Publicación SHOA N° 3003 “Derrotero de la Costa de Chile Vol. III, Golfo de Penas hasta la Boca Occidental del Estrecho de Magallanes”.



Según la publicación N° 3015 del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) “Tablas de corriente de marea de la costa de Chile”, se ha observado que en la Angostura Kirke, en época de sicigias, la corriente puede alcanzar un máximo de 8 nudos de intensidad. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que se han percibido corrientes de hasta 10 nudos. Al usar los datos contenidos en esta publicación, el navegante deberá tener presente que la hora real de la estoa², ocasionalmente, puede discrepar hasta en 30 minutos, respecto de las predicciones y hasta en 1 hora en circunstancias especiales. Las predicciones que aparecen en la publicación N° 3015, corresponden a las generadas por configuraciones astronómicas conocidas y no incluyen el efecto meteorológico sobre estas, siendo este el factor que genera la incertidumbre. Asimismo, producto de la inestabilidad meteorológica la masa de agua que ingresa hacia los canales interiores al E, puede reducir el tiempo de la estoa en la Angostura Kirke.

3. **Objetivos y resultados esperados**

El objetivo general de la Convocatoria enmarcado en el instrumento Retos de Innovación de Interés Público es:

Desarrollar un sistema capaz de medir, procesar, difundir y visualizar en tiempo real información sobre la intensidad y dirección de la corriente marina y las condiciones meteorológicas locales, que reúna los atributos de confiabilidad, disponibilidad, precisión y costo preferencial, permitiendo así facilitar la toma de decisión de los usuarios marítimos antes de cruzar la Angostura Kirke.

Los objetivos específicos son:

1. Diseñar un sistema autónomo que permita la medición de la intensidad y dirección de la corriente marina y las condiciones meteorológicas locales, con frecuencia de 6 minutos.
2. Implementar un mecanismo de difusión de la información que considere a todos los usuarios marítimos que naveguen el área con comunicación directa en la banda de VHF (difusión local).
3. Implementar un mecanismo de transmisión de datos inalámbrico a distancia, considerando la no existencia de cobertura celular, que permita llevar la información desde ubicaciones remotas hasta las dependencias de la Gobernación Marítima de Punta Arenas y a la Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas, con una frecuencia de 1 hora.
4. Implementar el almacenamiento de la información recibida en una base de datos y su visualización sencilla, con las características solicitadas en esta guía técnica.
5. Validar mediante la instalación del sistema en la Angostura Kirke.

Los resultados esperados son:

1. Un sistema autónomo de medición, procesamiento y difusión local en tiempo real de la información sobre la intensidad y dirección de la corriente marina y las condiciones meteorológicas presentes en la Angostura Kirke, que sea funcional, robusto, confiable y este validado mediante una prueba operacional de al menos dos meses de duración.
2. Un sistema capaz de transmitir los datos cada 1 hora a la Gobernación Marítima de Punta Arenas y a la Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas, que sea funcional, oportuno, confiable y este validado mediante una prueba operacional de al menos dos meses de duración.
3. Un servicio que cuente con una base de datos capaz de almacenar la información y que permita visualizar de forma sencilla los datos transmitidos a la Gobernación Marítima de Punta Arenas y

² Es el instante en que la corriente asociada a la marea se anula.

a la Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas, que sea funcional, oportuno, confiable y este validado mediante una prueba operacional de al menos dos meses de duración.

Se espera que las soluciones tengan los siguientes atributos y/o marco referencial que permita abordar el desafío:

1. **Confiable:** El sistema debe asegurar la integridad de la información entregada al Usuario Marítimo y a la Autoridad Marítima, desde la medición y procesamiento de los parámetros hasta que estos sean recibidos y desplegados, tanto en forma local como remota.
2. **Oportuno:** El sistema debe entregar la información en forma oportuna, es decir, no puede haber retrasos en la difusión de los datos en forma local a los usuarios marítimos, ni tampoco en la entrega de los datos de forma remota.
3. **Funcional:** Que contemple pruebas de operación para cada una de sus componentes, con el fin de verificar su correcta operación, facilitando así su uso y mantenimiento.
4. **Instalación conjunta:** El sistema debe estar diseñado y poseer la información suficiente, para que personal de la Armada participe de forma intuitiva y sencilla en la instalación conjunta de la solución.
5. **Robusto:** el sistema debe ser capaz de operar en las condiciones climatológicas de la zona Austral de Chile.
6. **Escalable:** El sistema debe ser capaz de ser replicado en otros lugares de similares características, generando la energía para su operación y con la capacidad de incorporar otros sensores.
7. **Costo preferencial:** El costo del servicio debe ser atractivo para la Armada.
8. **Modelo de negocios:** El servicio debe estar bajo un modelo de negocios factible de contratar por parte de la institución.
9. **Escalable para el estado:** la Propiedad intelectual/industrial pertenecerá al desarrollador, quien será el responsable del registro y resguardo de este activo intangible, sin perjuicio de eso, al escalar la solución para ser usada por la Armada u otra entidad del estado, este debe considerar un valor preferencial considerando que el estado aportó con el desarrollo de la solución.

4. **Detalle de Etapas**

La presente convocatoria tendrá 2 etapas que se llevarán a cabo en forma consecutiva. Las cuales se denominan:

- Etapa 1: Validación de Entornos Relevantes
- Etapa 2: Validación de Entornos Reales

En cada una de las etapas se desarrollarán actividades conducentes a alcanzar los resultados esperados para cada una, los cuales se describen en detalle más adelante. Asimismo, cada etapa tendrá un número de proyectos seleccionados, las que serán indicadas en este mismo apartado.

A continuación, se detallan las etapas que contendrá la presente convocatoria:

Etapa 1: Validación de Entornos Relevantes

1.1 Inicio de la Etapa 1:

Cada postulante deberá contar al momento de su postulación con un prototipo validado a nivel de laboratorio (TRL4). Para la presente convocatoria se entenderá como prototipo validado en laboratorio un sistema de medición de corriente marina, parámetros meteorológicos y/o parámetros eléctricos en entornos complejos y un sistema de transmisión de datos inalámbricos sin señal de celular a gran distancia.

1.2 Resultado de la Etapa 1:

El resultado de esta etapa será un prototipo validado en entornos relevantes. Se entenderá como prototipo en entornos relevantes a un sistema completo instalado en la Primera Angostura, Estrecho de Magallanes, que sea capaz de difundir a los usuarios marítimos cada tres minutos y transmitir estos datos cada 1 hora, sin presencia de señal celular, información sobre la intensidad y dirección de la corriente marina, condiciones meteorológicas locales y alarmas medidas cada 6 minutos junto con el estado del sistema, guardando el reporte en una base de datos definida para ser desplegados de forma sencilla para su visualización.

La validación a nivel de entornos relevantes se entenderá como la medición, cada 6 minutos, de la dirección y magnitud de la corriente marina, viento verdadero, presión atmosférica, visibilidad, precipitación, humedad relativa y temperatura, además de la corriente eléctrica y voltajes asociados a la operación del sistema. También deberá poder indicar el estado de las alarmas de hardware, la difusión de los datos de forma local y su transmisión en forma remota. Además, se deberá demostrar que los datos serán transmitidos cada 1 hora, almacenados y desplegados de forma sencilla para su visualización. El sistema deberá ser autónomo desde el punto de vista de su generación y consumo de energía.

Se espera que el prototipo cumpla con al menos los siguientes requisitos/parámetros/atributos, los cuales se dividen en “obligatorios” para pasar de etapa, “esperados” los que de todas maneras serán obligatorios en segunda etapa y “deseables” lo que no son obligatorios en ninguna etapa:

1. Medición de la corriente marina (Obligatorio):
 - a. Se estructure un sistema capaz de medir la dirección y magnitud de la corriente al centro del track de navegación (según carta SHOA N°16.641), entre Punta Restinga e Isla Merino.
 - b. El sistema deberá ser capaz de realizar la medición a una profundidad de hasta 5 metros bajo el nivel medio del mar.
 - c. El sistema deberá medir el rango de corrientes débiles de forma precisa.
 - d. El sistema deberá contar con la capacidad de realizar las mediciones con período de al menos 6 minutos.
 - e. El sistema deberá almacenar datos asociados a la medición de corriente durante al menos 360 días continuos.
 - f. El sistema deberá identificar claramente la ocurrencia de la estoa y registrar su duración.
2. Medición de variables meteorológicas:

Las siguientes mediciones o parámetros meteorológicos, deberán ser medidos con frecuencia de al menos 6 minutos, y ser almacenados durante al menos 360 días continuos.

 - a. Medición del viento verdadero (Obligatorio, indica las condiciones de seguridad del cruce y puede afectar los horarios de corrientes):
 - Sistema capaz de medir el viento, su dirección e intensidad, en la Angostura Kirke, dirección en grados e intensidad en nudos.

- El sistema deberá ser capaz de realizar la medición a 10 metros (y hasta 30 metros) sobre el nivel del mar. Este requisito se establece para que el sistema entregue el viento real sin obstáculos (por ejemplo que los árboles o un cerro obstaculice el viento de cierta dirección), y sea una medición representativa del área.
 - El sistema deberá medir viento real en rango entre 0 y 194 nudos, dirección entre 0° y 360°, con resolución de 0,2 nudos, 1° en dirección y exactitud de $\pm 0,6$ nudos y $\pm 3^\circ$ en dirección. La temperatura de funcionamiento del sistema debe ser entre -40°C y 70°C.
 - b. Medición de la presión atmosférica (Obligatorio, puede afectar en los horarios de las corrientes):
 - Sistema capaz de medir la presión atmosférica, en la Angostura Kirke, en hPa.
 - El sistema deberá medir presión atmosférica en rango entre 600 hPa y 1100 hPa, con resolución de 0,1 hPa y exactitud de $\pm 0,25$ hPa. La temperatura de funcionamiento del sistema debe ser entre -40°C y 70°C.
 - c. Medición de visibilidad (Obligatorio, indica las condiciones de seguridad y apoya la decisión del cruce):
 - Sistema capaz de medir la visibilidad en la Angostura Kirke, en metros o kilómetros.
 - El sistema deberá medir visibilidad en rango entre 1 y 3,5 kilómetros, con resolución de 500 m y exactitud de ± 100 m. La temperatura de funcionamiento del sistema debe ser entre -40°C y 70°C.
 - d. Medición de la precipitación (Deseable, indicativo asociado con la visibilidad):
 - Sistema capaz de medir la precipitación en la Angostura Kirke, en milímetros.
 - El sistema deberá medir presión atmosférica en rango de hasta 700 mm/hr, con resolución de 0,1 mm y exactitud de ± 3 %. La temperatura de funcionamiento del sistema debe ser entre -40°C y 70°C.
 - e. Medición de la humedad relativa del aire (Deseable, indicativo asociado a la visibilidad):
 - Sistema capaz de medir la humedad relativa del aire en la Angostura Kirke, en %.
 - El sistema deberá medir humedad relativa en rango entre 0 y 100%, con resolución de 0,01%, y exactitud de $\pm 1,5$ % en rango de 0 a 80%, y ± 2 % en rango de 80 a 100%. La temperatura de funcionamiento del sistema debe ser entre -40°C y 70°C.
 - f. Medición de la temperatura del aire (Deseable, indicativo asociado al viento):
 - Sistema capaz de medir la temperatura del aire en la Angostura Kirke, en °C.
 - El sistema deberá medir temperatura en rango entre -40°C y 70°C, con resolución de 0,01°C y exactitud de $\pm 0,2$ °C. La temperatura de funcionamiento del sistema debe ser entre -40°C y 70°C.
3. Medición de variables eléctricas (Obligatorio):
- a. Se estructure como un sistema funcional, validado y confiable en entornos relevantes para medir las variables eléctricas asociadas a la generación y consumo de energía, con el objetivo de saber con anticipación la ocurrencia de una falla. Se debe indicar la resolución y la exactitud con que se realizan las mediciones de estas variables.
 - b. El sistema deberá realizar mediciones de al menos las siguientes variables eléctricas:
 - Voltaje del o las fuentes de generación de energía.
 - Voltaje de la fuente de almacenamiento de energía.
 - Voltaje de la carga.
 - Corriente del o las fuentes de generación de energía
 - Corriente de la carga.
 - Consumo total del sistema.
 - c. El sistema deberá contar con la capacidad medir las variables con una frecuencia de una hora y almacenar datos durante al menos sesenta días continuos.

4. Difusión local de datos AIS (Obligatorio):
 - a. El sistema deberá difundir al menos la dirección y magnitud de la corriente marina, temperatura, viento verdadero, presión atmosférica y humedad relativa, a través del mensaje 8 de un AIS-AtoN tipo 3 (Circular IMO289).
 - b. El AIS-AtoN debe poseer la capacidad de transmitir información de una ayuda a la navegación a través del mensaje 21 y otros mensajes complementarios tales como el 6, 12 y 14.
 - c. El AIS-AtoN debe cumplir con las especificaciones descritas lo descrito en la Recomendación IALA R0126 "THE USE OF THE AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (AIS) IN MARINE AIDS TO NAVIGATION SERVICES".
 - d. El AIS-AtoN debe poseer la capacidad de configurar al menos 10 señales virtuales.
 - e. El AIS-AtoN debe poseer la capacidad de comunicación a través un puerto de comunicación que cumpla con protocolo NMEA0183.
5. Difusión local de mensajes de voz a través de VHF (Obligatorio):
 - a. Se requiere que el sistema transmita en forma local cada 3 minutos, la dirección y magnitud de la corriente marina, temperatura, viento verdadero, presión atmosférica y humedad relativa.
 - b. La difusión de los parámetros debe ser realizada mediante un sintetizador de voz o equipo similar, utilizando el canal 10 (156,500 MHz) en forma análoga y digital (configurable), la información que será obtenida por los sensores hidrológicos y meteorológicos.
6. Detección de proximidad (Obligatorio):
 - a. El sistema debe ser capaz de captar la proximidad de naves, tanto mayores como menores y registrarla a través de una imagen fotográfica.
 - b. El sistema debe poder detectar naves a una distancia de proximidad de al menos 1 milla náutica.
 - c. Una vez realizada la detección, debe enviar un mensaje de alerta vía canal 16 para que el usuario pase a canal 10 donde es transmitida la información de seguridad.
7. Transmisión de los datos (Obligatorio):
 - a. El sistema deberá presentar un mecanismo de transmisión de datos inalámbrico a distancia, considerando la no existencia de cobertura celular, que permita llevar la información desde ubicaciones remotas hasta las dependencias del punto de recepción.
 - b. La transmisión de los datos, debe ser al menos configurable con un mínimo de 24 veces al día en un intervalo de 1 hora, considerando la transmisión de los datos recopilados durante el tiempo determinado.
 - c. Es deseable, en caso de requerir información de los parámetros en forma puntual, que el sistema pueda contar con la capacidad de ejecutar esta opción una mayor frecuencia.
 - d. El sistema debe entregar una disponibilidad mensual garantizada de comunicaciones de los datos del 99%.
 - e. El dispositivo utilizado para para la transmisión de los datos deberá estar protegido según el grado de protección IP 65 o superior.
8. Características de los desarrollos propios de Hardware (Obligatorio):
 - a. Todos los desarrollos propios del sistema deben considerar preferentemente, desde el punto de vista del instrumental de terreno, la adaptación de hardware y/o sensores prefabricados como Raspberry Pi, Arduino u otros.
 - b. El sistema deberá contar con la capacidad de configurar rangos de operación para los parámetros medidos y de generar una alarma cuando alguno de éstos se encuentra fuera de rango. Lo anterior, a través de una interfaz de configuración instalada en un computador personal con sistema operativo Windows 10, que muestre los valores medidos, permita ingresar los rangos de operación normales específicos para el sistema y muestre la ocurrencia

- 
- de una alarma. Además, deberá incluir una interfaz para la configuración y operación de alarmas.
- c. La determinación, configuración y verificación de las alarmas debe ser realizadas evaluando los datos de manera local, antes de que estos sean difundidos a los usuarios locales o transmitidos en forma remota.
 - d. Resistencia a golpes, polvo, agua, presión y temperatura acorde a la norma IP69K, para la parte del sistema que considera el instrumental de medición y su integración, el sistema deberá contar con un “Informe de ensayo para la determinación de grado IP”, emitido por una entidad chilena que acredite el cumplimiento de dicho grado de protección.
9. Almacenamiento de los datos (Esperado):
 - a. El sistema deberá contar con la capacidad de almacenar todos los datos históricos de las mediciones realizadas mientras esté vigente el contrato por el servicio.
 - b. El sistema deberá contar con la capacidad de descargar los datos en un archivo CSV, considerando el total de los datos almacenados o en un rango específico de fechas.
 10. Despliegue de datos (Obligatorio):
 - a. El sistema deberá presentar una maqueta de visualización de los datos.
 - b. La visualización de la información debe permitir que el operador verifique la información del sistema comprobando su funcionamiento y pudiendo detectar una anomalía en caso de que exista.
 11. Documentación (Esperado):
 - a. Los equipos participantes deberán entregar información técnica sobre cada uno de los sensores utilizados, como mínimo las hojas e datos y los manuales de fábrica.
 - b. El sistema en su conjunto, deberá contar con información documentada sobre la forma en que se realiza la integración de los sensores y los dispositivos de transmisión.
 12. Prueba operacional (Obligatorio):
 - a. El sistema será sometido a una prueba operacional, la que considera la instalación del sistema en Primera Angostura, Estrecho de Magallanes, Chile, con una duración de entre dos y cinco días, por equipo participante.
 - b. Cada uno de los sensores será sometido a una evaluación de los datos medidos en forma local, siendo comparados con instrumentos de uso habitual de la Armada.
 - c. Una vez verificado el funcionamiento de los sensores, se probará la difusión local de los mensajes de voz, vía canal 16 y canal 10 según corresponda.
 - d. Se evaluará la difusión de la información a través del mensaje 8 AIS, y se comprobará la emisión de por lo menos, los mensajes 21, 12 y 14.
 - e. Una vez terminadas las pruebas locales, se evaluará la transmisión remota de la información y la integridad de los datos transmitidos.
 13. Modelo de negocios (Obligatorio):
 - a. Cada equipo deberá presentar el modelo de negocios preliminar para la Armada de Chile, considerado el costo del servicio provisto.
 - b. Se debe presentar una minuta del contrato del servicio entregado.

1.3 Plazos de la Etapa 1:

Las actividades de esta etapa deberán desarrollarse dentro de un plazo máximo de 6 meses con una prórroga considerando un plazo máximo total de la etapa de hasta 7 meses.

Para avanzar a la siguiente etapa todos los proyectos adjudicados en la Etapa 1 deben haber presentado su informe final y su propuesta a la etapa 2 antes del término de la etapa 1, de acuerdo a un protocolo de pruebas que cumpla con los antecedentes técnicos mínimos requeridos durante el desarrollo.

Número de proyectos a adjudicar en la Etapa 1:

La presente convocatoria adjudicará en esta Etapa hasta 4 proyectos.

1.4 Monto y porcentaje de Cofinanciamiento de cada proyecto en la Etapa 1:

El monto para cofinanciar por cada proyecto adjudicado en esta etapa es de hasta \$ 60.000.000.- (sesenta millones de pesos) lo que corresponde a hasta el 80% de costo total de la etapa. El porcentaje restante, mínimo 20% del costo total del proyecto, debe ser aportado por el beneficiario, los co-ejecutores y/o la(s) entidad(es) asociada(s) en forma pecuniaria o efectivo, considerando un mínimo de 10% de tipo pecuniario o efectivo y el resto de tipo no pecuniario o valorizado.

1.5 Aportes de Armada de Chile en la Etapa 1:

Para la Etapa 1 los proyectos adjudicados podrán tener acceso a:

- Facilitar una visita para conocer la Angostura Kirke, tomando como referencia el zarpe desde la ciudad de Puerto Natales. Cada equipo puede llevar hasta 2 personas.
- Apoyo con información técnica.
- Facilitar entrevistas a personal de la Armada para la comprensión técnica del desafío o para el diseño del modelo de negocio.
- Apoyar prueba en la primera angostura.

Etapa 2: Validación de Entornos Reales

Inicio de la Etapa 2:

Cada postulante deberá contar al momento del inicio de la Etapa 2 con un prototipo validado a nivel entornos relevantes. Para la presente convocatoria se entenderá como prototipo en entornos relevantes a un sistema completo instalado en Primera Angostura, Estrecho de Magallanes, que sea capaz de difundir a los usuarios marítimos cada tres minutos y transmitir estos datos cada 1 hora, sin presencia de señal celular, información sobre la intensidad y dirección de la corriente marina, condiciones meteorológicas locales y alarmas medidas cada 6 minutos junto con el estado del sistema, guardando el reporte en una base de datos definida para ser desplegados de forma sencilla para su visualización.

La validación a nivel de entornos relevantes se entenderá como la medición, cada 6 minutos, de la dirección y magnitud de la corriente marina, temperatura, viento verdadero, presión atmosférica y humedad relativa, además de la corriente eléctrica y voltajes asociados a la operación del sistema. También deberá poder indicar el estado de las alarmas de hardware, la difusión de los datos de forma local y su transmisión en forma remota. Además, se deberá demostrar que los datos serán transmitidos cada 1 horas, almacenados y desplegados de forma sencilla para su visualización.

Resultado de la Etapa 2:

El resultado de esta etapa será un prototipo validado en entornos reales. Se entenderá como prototipo en entornos reales al sistema completo instalado en el sector de la Angostura Kirke, considerando la medición de los parámetros, la difusión en forma local de la información a los usuarios marítimos, la transmisión de los datos del sistema completo y su presentación de manera simple. Considerando las

características de instalación autónoma, autonomía energética, dimensiones ajustadas al entorno de operación real, junto con la operación en condiciones climáticas de la zona Austral de Chile.

Se entenderá como validación a nivel de entornos reales a la demostración en terreno, el sector de la Angostura Kirke, del funcionamiento del sistema desarrollado en la etapa 1, agregando la capacidad autonomía energética, dimensiones específicas ajustadas al entorno de operación real, junto con la operación en condiciones climáticas de la zona Austral de Chile.

Se espera que el prototipo cumpla con al menos los siguientes requisitos/parámetros/atributos:

1. Validación en entorno real:
 - a. Las características descritas en la etapa 1, deberán ser probadas y validadas en el sector de la Angostura Kirke.
 - b. El sistema será sometido a una Prueba de Validación, con una duración de entre dos y tres meses.
 - c. La evaluación del sistema considera el cumplimiento de un protocolo de aceptación tanto al instalar como en una fase intermedia de la Prueba de Validación.
2. Capacidad de instalación conjunta:
 - a. El sistema deberá contar con la documentación correspondiente que permita la instalación y operación conjunta.
 - b. En instalación del sistema se debe considerar la participación de personal de la Armada en conjunto con la institución participante.
3. Condiciones meteorológicas:
 - a. El sistema deberá ser resistente a condiciones de operación de las ayudas a la navegación ubicadas en el área de Punta Arenas:
 - Variaciones diarias y anuales de temperatura: [-15 a 45 °C].
 - Variaciones diarias y anuales de humedad relativa: [0 a 100%].
 - Resistencia a golpes, polvo, agua, presión y temperatura acorde a la norma IP69K, para la parte del sistema que considera el instrumental de medición y su integración, el sistema deberá contar con un “Informe de ensayo para la determinación de grado IP”, emitido por una entidad chilena que acredite el cumplimiento de dicho grado de protección.
 - Las antenas y líneas de transmisión de todos los equipos, deberán ser capaces de soportar las condiciones de operación y con las protecciones adecuadas para tal efecto.
4. Sistema Autónomo:
 - a. Para su propia operación, el sistema deberá tener la capacidad de generar energía en forma autónoma.
5. Dimensiones:
 - a. Los sensores y el sistema integrador deberán contar con la capacidad de ser transportados en una embarcación menor para su instalación.
6. Prueba de Validación:
 - a. Cada uno de los sensores será sometido a una evaluación de los datos medidos en forma local, siendo comparados con instrumentos de uso habitual de la Armada.
 - b. Cada uno de los sensores será sometido a una evaluación de los datos medidos en forma local, siendo comparados con instrumentos de uso habitual de la Armada.

- 
- c. Una vez verificado el funcionamiento de los sensores, se probará la difusión local de los mensajes de voz, vía canal 16 y canal 10 según corresponda.
 - d. Se evaluará la difusión de la información a través del mensaje 8 AIS, y se comprobará la emisión de por lo menos, los mensajes 21, 12 y 14.
 - e. Una vez terminadas las pruebas locales, se evaluará la transmisión remota de la información y la integridad de los datos transmitidos.
7. Plan de mantenimiento detallado:
 - a. El sistema deberá contar con un plan de mantenimiento por cada uno de los componentes del sistema. Se debe incorporar la frecuencia y el tipo de mantenimiento.
 - b. El sistema debe contar con un protocolo de pruebas individuales por cada sensor y un protocolo de prueba general.
 8. Capacitación y certificación del personal:
 - a. El personal de la Armada debe contar con la capacitación que le permita participar de en la en la instalación conjunta del sistema al menos dos semanas antes del inicio de la prueba final.
 - b. La capacitación debe considerar al menos los protocolos de prueba por cada uno de los componentes del sistema.
 - c. Se debe presentar un modelo de certificación para los instaladores, el que debe considerar una capacitación previa indicando el tiempo de duración y los objetivos que deberá cumplir el personal certificado.
 9. Modelo de negocios:
 - a. El equipo deberá presentar en forma detallada, los costos de fabricación, mantenimiento y operación del sistema.
 - b. El equipo deberá presentar el modelo de negocios final para la Armada de Chile, considerado el costo del servicio.
 - c. Se debe presentar una minuta del contrato del servicio entregado, de acuerdo con las observaciones realizadas en la primera etapa.
 10. Modelo de escalamiento:
 - a. Una vez se cuente con la versión final del sistema, se debe presentar la forma de escalar este sistema.
 - b. Se espera como resultado un plan de escalabilidad que considere al menos dos ubicaciones, bajo condiciones similares a las de la Angostura Kirke.

Plazos de la Etapa 2:

Las actividades de esta etapa deberán desarrollarse dentro de un plazo máximo de 9 meses con una prórroga considerando un plazo máximo total de la etapa de hasta 10 meses.

Número de proyectos a adjudicar en la Etapa 2:

La presente convocatoria adjudicará en esta Etapa hasta 2 proyectos.

Monto y porcentaje de Cofinanciamiento de cada proyecto en la Etapa 2:

El monto para cofinanciar por cada proyecto adjudicado en esta etapa es de hasta \$115.000.000 (ciento quince millones) lo que corresponde a hasta el 80% del costo total de la etapa. El porcentaje restante, mínimo 20% del costo total del proyecto, debe ser aportado por el beneficiario, los co-ejecutores y/o la(s) entidad(es) asociada(s) considerando un mínimo de 10% de tipo pecuniario o efectivo y el resto de tipo no pecuniario o valorizado.

Aportes de la Armada de Chile en la Etapa 2:

Para la Etapa 2 el participante seleccionado podrá tener acceso a:

- Información técnica y de las condiciones de operación del área.
- Facilitar entrevistas a personal de la Armada para la comprensión técnica del desafío o para el diseño del modelo de negocio.
- Apoyo para la generación del Plan de Implementación y Escalabilidad.
- Acceso supervisado al sector de la Angostura Kirke durante la instalación.
- Participación de personal de la Armada en la instalación en conjunto con la empresa desarrolladora del sistema, de acuerdo con la documentación de instalación entregada.
- Se movilizará a los equipos participantes de esta etapa, desde Puerto Natales el sector de la Angostura Kirke, durante el desarrollo de la navegación de prueba. El equipo no puede ser superior a tres personas.

4. Consideraciones de la Armada de Chile para el desarrollo del proyecto

- La información recolectada, dada su importancia en el ámbito de la seguridad nacional, será de carácter privado y de uso exclusivo de la Armada de Chile.
- La Armada de Chile, a través de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante firmará un Acuerdo de Confidencialidad para la Etapa 2.
- La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante apoyará el traslado de los equipos desde la ciudad Puerto Natales para realizar pruebas, se debe considerar que fechas coordinadas serán tentativas producto de condiciones climatológicas y/o disponibilidad de medios. A su vez, se prestará apoyo en todas aquellas actividades que sean requeridas, siempre dependiendo de las atribuciones propias de la Armada y la disponibilidad propia de su operación.

5. Resumen del proyecto

En función de los aspectos detallados anteriormente, el reto se organiza de la siguiente manera:

N° proyectos a adjudicar	hasta 4	hasta 2
Descripción (Detalle en las etapas)	<i>Un sistema validado en la Primera Angostura, Estrecho de Magallanes, que sea capaz de difundir a los usuarios, información sobre la intensidad y dirección de la corriente, condiciones meteorológicas locales y alarmas medidas cada 6 minutos junto con el estado del sistema, guardando el reporte en una base de datos definida para ser desplegados de forma sencilla para su visualización.</i>	<i>Un sistema completo instalado en el sector de la Angostura Kirke, considerando la medición de los parámetros, la difusión en forma local de la información a los usuarios marítimos, la transmisión de los datos del sistema y su presentación de manera simple. Considerando por parte de la empresa desarrolladora, autonomía energética, dimensiones ajustadas al entorno de operación real, junto con la operación en condiciones climáticas de la zona Austral de Chile. Además de un modelo de negocios se ajuste al servicio requerido por la Armada.</i>
Plazo	<i>Hasta 6 meses</i>	<i>Hasta 9 meses</i>
Proyectos seleccionados que pasan a la siguiente etapa	<i>hasta 1</i>	<i>No aplica</i>
Monto cofinanciamiento CORFO	<i>\$60.000.000.- (sesenta millones de pesos)</i>	<i>\$115.000.000.- (ciento quince millones de pesos)</i>
% de cofinanciamiento CORFO	<i>80%</i>	<i>80%</i>

% de aporte pecuniario Beneficiario y/o participantes	10%	10%
% de aporte valorizado Beneficiario y/o participantes	10%	10%
Total de meses de proyecto con prórroga	<i>Hasta 7 meses</i>	<i>Hasta 10 meses</i>

6. Anexos

A continuación, se presentan los siguientes anexos.

Anexo 1: Ayudas a la Navegación

1. Ayudas a la navegación

Se debe entender por ayuda a la navegación cualquier dispositivo o sistema, externo a un buque, que tiene por fin asistir al navegante en la determinación de la posición y el curso, advertir sobre peligros u obstrucciones o entregar asesoría sobre la ubicación de una mejor ruta o ruta preferida.

1.1. Utilidad

La utilidad de se divide en ayudas para:

- La navegación diurna: Consiste en proporcionar ayudas visuales a la navegación, las cuales pueden ser objetos naturales o hechos por el hombre. La figura 2 muestra una boya convencional, la cual sirve como marca de referencia para la navegación diurna.
- La navegación nocturna: Consiste en proporcionar ayudas luminosas a la navegación. En general consiste en un dispositivo luminoso denominado fanal, el cual emite un haz luminoso con un alcance de detección y destello preestablecidos.
- La navegación diurna y nocturna: Consiste en proporcionar ayudas electrónicas. Para esto existen dos dispositivos; los respondedores de radar conocidos como racones, cuya función es representar en la pantalla de radar un código morse característico de una ayuda a la navegación específica. El otro tipo de ayuda electrónica, son los AIS para ayudas a la navegación denominados AIS-AtoN, los cuales informan al navegante el nombre y la posición de una ayuda a la navegación, a través del “Sistema de Identificación Automática” de abordo, presente en la mayoría de las naves.



Figura 2. Torre de fibra de vidrio.

Fuente: Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas.

1.2. Conformación

Una ayuda a la navegación está conformada por tres grupos o sistemas de dispositivos:

- Señal: Destinados a difundir la ayuda a la navegación, éstas pueden ser visuales, luminosas o electrónicas.
- Energía: Alimentan eléctricamente los dispositivos de señal, esto puede ser a través de la auto-generación de energía en lugares remotos o a través de la red pública, según sea el caso.
- Estructura: Utilizados como referencia de orientación diurna y a su vez sirven de soporte para los sistemas de energía y señal, pueden estar instaladas tanto en tierra como en el agua.

La figura 3 muestra el esquema general.

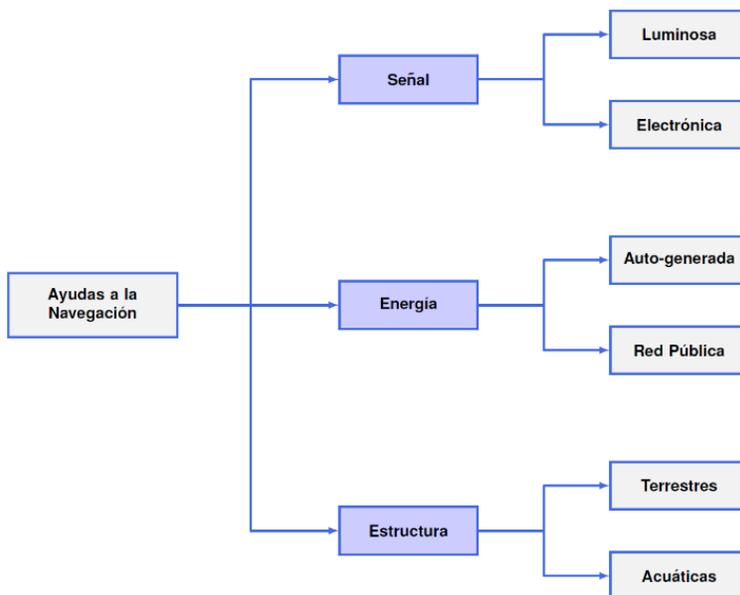


Figura 3. Conformación de una ayuda a la navegación.
Fuente: Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas.

La figura 4 muestra un ejemplo práctico de la conformación de una boya convencional.



Figura 4. Conformación de una boya.
Fuente: Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas.

2. Rol de la Armada en la Seguridad Marítima

La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, es el organismo de alto nivel de la Armada de Chile que como servicio público del Estado de Chile, cautela el cumplimiento de las leyes y acuerdos internacionales vigentes, para dar **seguridad marítima**, proteger la vida humana en el mar, zonas fluviales y lacustres; preservar el medio ambiente acuático y los recursos naturales marinos; ejercer la policía marítima y fiscalizar y regular las actividades que se desarrollan en el ámbito marítimo de su jurisdicción, con el propósito de contribuir al desarrollo marítimo de la nación. El reglamento orgánico y de funcionamiento de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, establece que dentro de las funciones de la Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas está el “Administrar el sistema de ayudas a la navegación en el territorio nacional, permitiendo la navegación segura y expedita por las rutas habilitadas”. Para tal efecto cuenta con el Servicio de Señalización Marítima y Ayudas a la Navegación, el cual está a cargo de un Oficial especialista Litoral, con sub-especialidad en Señalización Marítima.

2.1. Organización de las ayudas a la navegación a nivel nacional

En la actualidad, el Servicio de Señalización Marítima y Ayudas a la Navegación administra una red de 1881 ayudas a la navegación marítima y cuenta con cinco centros operativos denominados Centros Zonales de Señalización Marítima, dependientes de las Gobernaciones Marítimas de Iquique, Valparaíso, Talcahuano, Puerto Montt y Punta Arenas. La figura 5 muestra la distribución.



Figura 5. Distribución de los Centros Zonales de Señalización Marítima.
Fuente: Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas.

Las funciones principales de los Centros Zonales son:

- Ejecutar el desarrollo de los planes de balizamiento y otros a implementar por la Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas.
- Programar el oportuno mantenimiento preventivo a equipos e instalaciones de su jurisdicción, mediante la coordinación con el mando operativo y las unidades navales.

2.2. Prioridad de funcionamiento

La información oficial sobre las ayudas a la navegación disponibles a lo largo país, es proporcionada por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), a través de la venta de sus publicaciones náuticas las cuales tienen como objetivo satisfacer entre otras necesidades, las relacionadas con ayuda, información y seguridad a la navegación. Dentro de estas publicaciones se encuentra indicada la prioridad de funcionamiento, la cual se clasifica de la siguiente forma:

- 
- Prioridad A: Señal que nunca puede estar fuera de servicio, ya que afecta seriamente a la seguridad de la navegación.
 - Prioridad B: Señal que puede estar fuera de servicio, pero su reencendido debe ser abordado a la brevedad.
 - Prioridad C: Señal que puede estar fuera de servicio y esperar ser reencendida en el primer medio disponible, o en próxima comisión al área, debido a que existen alternativas de ayuda a la navegación que permiten soluciones al problema.
 - Prioridad D: Funcionamiento a requerimiento.

Anexo 2: Soluciones anteriores.

Entre los años 2019 y 2022, operó un sistema cuya finalidad principal era proporcionar a los usuarios marítimos que transitan por el sector, información en tiempo real necesaria para la toma de decisiones previo al cruce de la Angostura Kirke.

El sistema entregaba información mediante dos vías:

- Comunicación VHF, orientada principalmente a embarcaciones menores, la cual difundía un mensaje de voz a través del canal 10, el cual indicaba el valor de la corriente marina y las condiciones meteorológicas predominantes en el sector.
- Sistema de Identificación Automática de Naves (conocido como AIS), orientado principalmente a embarcaciones mayores, las cuales recibían a través del mensaje 8 información meteorológica e hidrográfica.

El esquema de solución considera una estructura instalada en la Isla Merino, la que muestra en la figura 6.

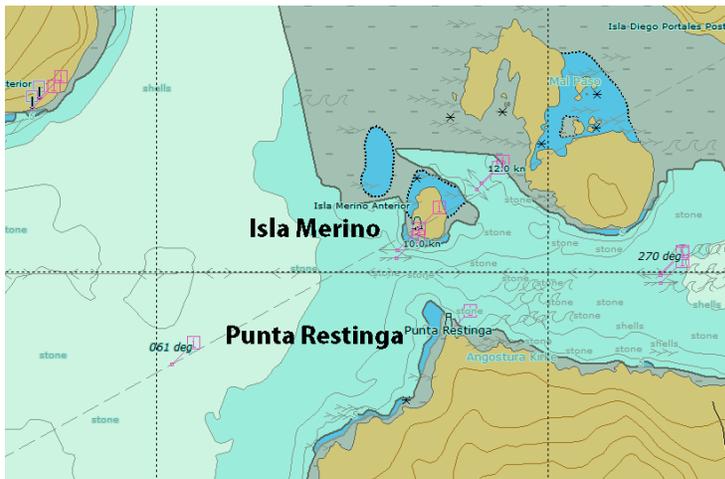


Figura 6. Ampliación de carta electrónica de la Angostura Kirke.
Fuente: Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas.

La figura 7, muestra una fotografía del sistema instalado. Los dispositivos principales que componen el sistema son; un perfilador acústico, que era el encargado de medir la corriente en el centro de la Angostura Kirke, una estación meteorológica que medía temperatura, humedad, intensidad y dirección del viento, un equipo de radio VHF que se encarga de difundir la información a través del canal 10, y un dispositivo AIS-AtoN que entrega la información a través del mensaje 8, paneles solares y bancos de baterías que generan la energía para la operación del sistema y finalmente, una unidad electrónica de integración, la que procesa la información de los sensores y la hace compatible para que sea difundida por los medios mencionados.

Además, el sistema contaba con la capacidad de transmitir en forma remota el valor de los parámetros asociados a la operación interna del sistema (corrientes y voltajes), lo anterior a través de comunicación satelital. La unidad de procesamiento se encuentra dentro de una torre de fibra de vidrio de 3,3 metros al igual que las baterías, el AIS y la radio, el correntómetro se encuentra en el borde de la isla y está instalado en una estructura metálica, la que se muestra en la figura 6.

La operación de este sistema estuvo limitada por varios factores, el principal es que la estructura fue colisionada en varias oportunidades, lo que afectó directamente a la operación del correntómetro, incluso la primera unidad tuvo que ser reemplazada. El segundo correntómetro también fue colisionado, pudiendo apreciar que su estructura (carcaza) sufrió un deterioro considerable, producto de la acción de las corrientes galvánicas las cuales dañaron su estructura. En la actualidad el sistema no se encuentra operativo.



Figura 7. Sistema instalado en Isla Merino, Angostura Kirke.
Fuente: Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas.

Las observaciones al sistema mientras estuvo operativo son las siguientes:

- Ubicación del sensor: fue el mayor inconveniente, que la estructura y por consiguiente el correntómetro, fueron colisionados varias veces, dejando al sistema con la imposibilidad de difundir su parámetro fundamental que es la corriente en el punto. Es de interés explorar la forma de medir corriente en el punto de forma tal de evitar este punto de instalación.
- Tipo de sensor: una opción para la medición de corriente fue un perfilador acústico, sin embargo el dispositivo utilizado tiene capacidades operativas que contemplan una operación en periodos de tiempo acotados, y efectuar mediciones que sobrepasan el alcance de lo requerido, por lo que es de interés explorar otras posibilidades de medición en el punto que se ajusten de mejor forma a las necesidades de información de los usuarios. Además, se requiere que el sensor cuente con una estructura de soporte lo suficientemente robusta para soportar las condiciones de operación de la Angostura Kirke.
- Sistema integrador: La integración de los datos operó en forma correcta, sin embargo, se debería explorar la posibilidad de contar con un sistema más robusto, capaz de integrar sensores con protocolos estándar y con un manejo de la energía eficiente, con la capacidad de escalar la solución a otros sectores con una problemática similar, considerando que la Armada deberá tener la capacidad de levantar el sistema en forma autónoma en caso de fallas.

Finalmente, se necesita un sistema de ayudas a la navegación que permita la integración de funcionalidades de manera modular, estandarizando la integración de sensores, el manejo eficiente de las comunicaciones y con una fuente de energía armonizada con el medio ambiente.

Anexo 3: Experiencia de cobertura Puerto Natales – Kirke

1. Conectividad de datos

En el sector de paso Kirke, no se posee ningún tipo de cobertura de servicios locales de acceso a internet, como GSM, 3G, 4G.

Se han efectuado estudios de cobertura de enlace de datos entre Puerto Natales y la Angostura Kirke, en la banda de los 5Ghz, no siendo factible debido a que:

- No existe línea vista para un enlace Punto a Punto (PTP).
- Se requiere de un sitio de repetición debido a la obstrucción que posee la geografía del sector, debiendo localizar sitio repetición en lugar de difícil acceso para instalación y mantención.

2. Otras pruebas de cobertura de VHF/AIS

Debido que es de interés para Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, tener la mayor cobertura de radio de VHF y detección de contactos AIS, el año 2021 se efectuaron pruebas con una estación de VHF emplazada en el Cerro Dorotea (200 metros de altura) a espaldas de Puerto Natales, donde fue posible recibir en la banda de VHF, los datos de difusión del ATON AIS de la Angostura Kirke. En la figura 8 se muestra la ubicación de la Angostura Kirke, la Capitanía de Puerto Natales y el cerro Dorotea. La distancia entre el paso y la capitanía de puerto es de 27,08 mn y entre el paso y el cerro Dorotea es de 31,08 mn.

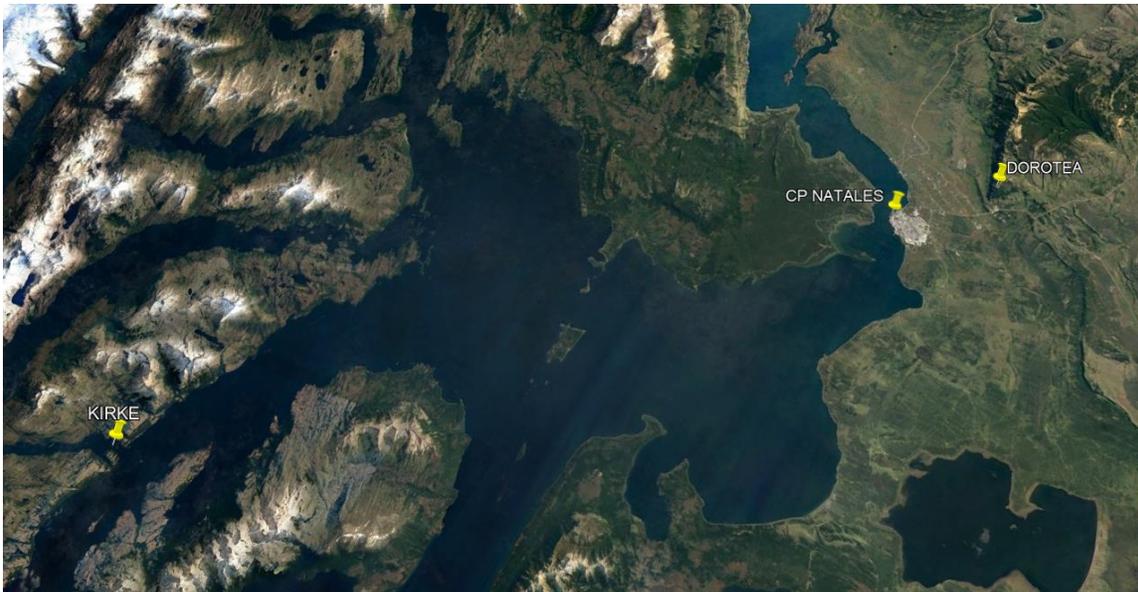


Figura 8. Ubicación angostura Kirke, Capitanía de Puerto Natales y Cerro Dorotea.
Fuente: Google Earth.

En la figura 9 se muestra la data AIS detectados y decodificar la señal proveniente del ATON de la Angostura Kirke.

Se emplearon dos programas para graficar la data obtenida por el transpondedor AIS, el primero es la aplicación Winploter Port y el segundo programa fue OpenCPN.

En la figura 10, se aprecia el alcance de detección de señales AIS desde el cerro Dorotea con la aplicación Winploter Port.

